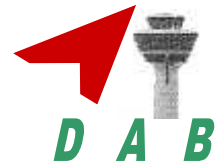


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université de Saad Dahleb Blida
Faculté des sciences de l'ingénieur
Département d'aéronautique



Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme des études universitaires
appliquées en aéronautique

Option : propulsion

THEME

**ETUDE TECHNOLOGIQUE ET
MAINTENANCE DU SYSTEME DE
CONDITIONNEMENT D'AIR DE L'AVION
ATR72-500**

Réalisé par :

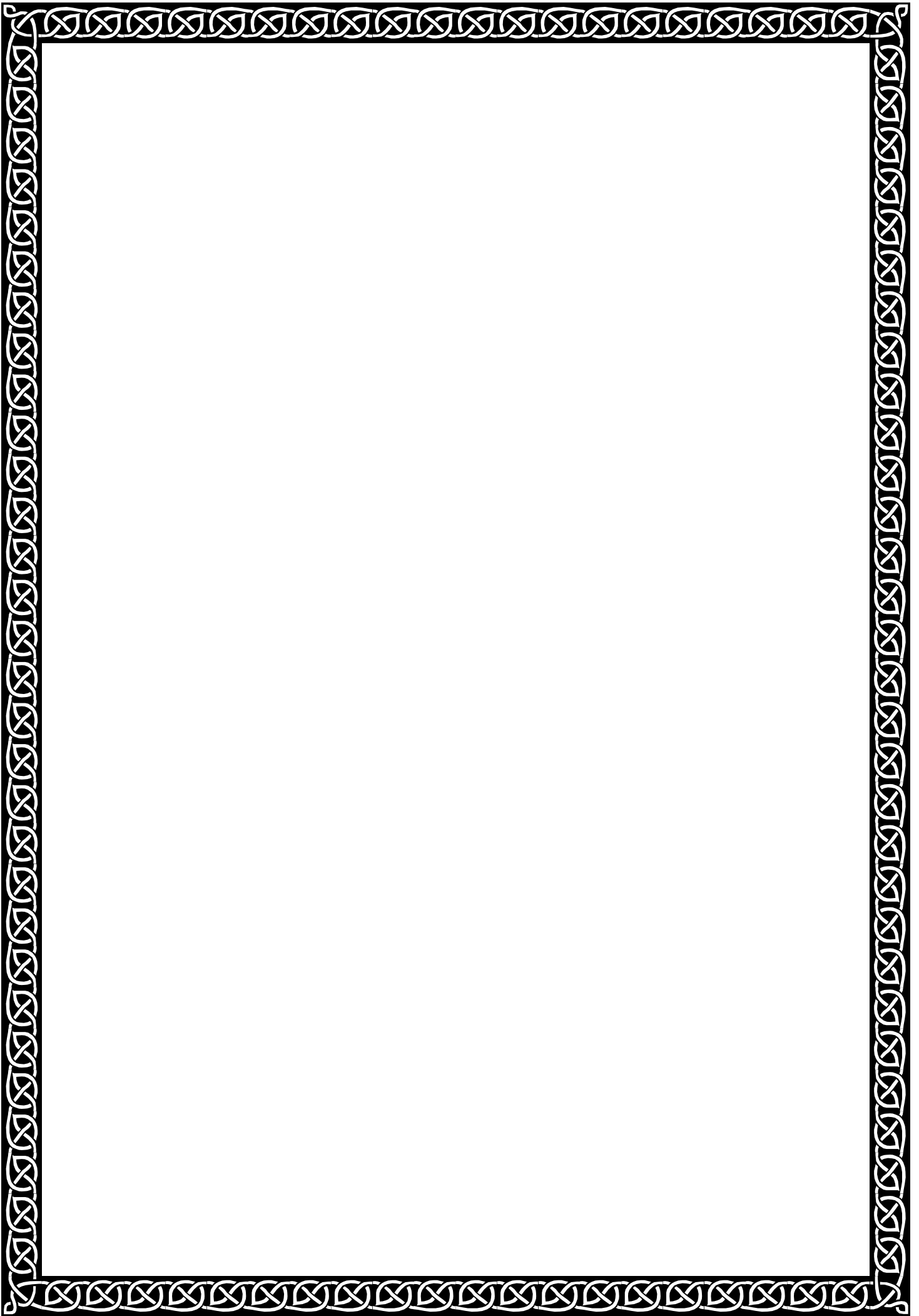
M^{elle}: NACER-BEY Saida

Encadré par :

Mr: EL AICHI Toufik

Mr: BELHAMISSI

Promotion 2007 / 2008



RESUME:

L'objectif de mon travail est l'étude du système de conditionnement d'air de l'avion ATR72-500. Cette étude m'a permis de comprendre clairement le fonctionnement des différents équipements de ce système ainsi que la méthodologie de dépannage appliquée.

SUMMARY:

The objective of my work is the study of the system of air conditioning of the plane ATR72-500. This study enabled me to clearly include/understand the operation of the various equipment of this system as well as the methodology of breakdown service applied.

:

الهدف من عملي هنا هو دراسة نظام التكييف الهوائي للطائرة (ATR72-500) و هذه الدراسة سمحت لي بالفهم الجيد لطريقة عمل مختلف العناصر المجهز بها هذا النظام و طريقة صيانتها.

REMERCIEMENT

En premier lieu, je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné la foi et le courage à fin de réaliser ce petit ouvrage.

Je remercie aussi mes chers parents pour toute l'aide qu'ils m'ont apportée, le soutien et la compréhension qu'ils ont manifestés durant mes études.

Je remercie aussi :

Mon promoteur:

-Mr EL AICHI TOUFIK

Mon co-promoteur:

-Mr BELHAMISSI

pour leur suivi et leurs conseils.

Tout le personnel de la base de maintenance d'Air Algérie, surtout Mr ERROUKRMA MOHAMED.

Mes remerciements s'adressent également, aux membres du jury pour l'attention qu'ils auront à prêter dans le jugement de ce travail.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à:

Mes très chers parents.

Mes sœurs chacune par son nom.

Mes très chers frères chacun par son nom.

La personne la plus proche de mon cœur" AMINE".

Mes copines de chambre.

Tout mes amis chacun par son nom.

SOMMAIRE

AIR ALGERIE

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'AVION

I-1-introduction.....	2
I-2-historique.....	2
I-3-les fournisseurs	3
I-4-caractéristiques principales des séries d'ATR72.....	5
I-5-présentation de l'avion ATR72.....	6
I-6-dimensions de l'avion.....	6
I-7-présentation de la structure de l'avion.....	8
I-8-le moteur PW127.....	12

CHAPITRE II: DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME

II-1- rappels sur la thermodynamique.....	14
II-2-constitution de l'atmosphère.....	16
II-3-aspects physiologiques a considérer lors de vol.....	18
II-4-but de conditionnement de l'air	19
II-5-principe	21
II-6-sources d'air.....	21
II-7- le système de conditionnement d'air de l'avion ATR72-500.....	22
II-7-1-fonction.....	22
II-7-2-génération	22
II-7-3-distribution.....	23
II-7-4-régulation de pression de la cabine	23
II-7-5-régulation de la température de la cabine et de poste de pilotage.....	23
II-7-6-regulation de la température.....	23
II-7-7-sécurité.....	24
II-7-8-commandes et signalisation.....	26
II-7-9- fonctionnement.....	27

CHAPITRE III: ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

III-1- système de compression.....	29
III-1-1-description des équipements	29
III-1-2-opération.....	32
III-2-système de refroidissement.....	32
III-2-1- description des équipements.....	34
III-2-2-fonctionnement	39
III-3-régulation de la temperature de la cabine et du poste de pilotage	40
III-3-1-description des équipements	40
III-3-2-fonctionnement	44
III-4- distribution d'air dans le poste de pilotage et la cabine.....	45
III-4-1-description.....	46
III-4-2-description des équipements	47
III-5- ventilation individuelle.....	49
III-5-1-description du système.....	49
III-5-2-module d'aération.....	49
III-6- ventilation toilette.....	50
III-7- extraction d'air des meubles electroniques et de la cabine.....	51
III-7-1-presentation du système.....	51
III-7-2-description des équipements	52
III-8- ventilation batterie	54
III-9- système de pressurisation.....	56
III-9-1-régulation de la pression.....	56
III-9-2-commande et surveillance de la pression de la cabine.....	56
III-9-3- dépressurisation en secours de la cabine.....	64
III-10-système de sécurité et de contrôle	64
III-10-1-indication de temperature de la cabine et de poste du pilotage.....	64
III-10-2-système de compression.....	67
III-10-3-systeme de refroidissement.....	68
III-10-4-extraction d'air des meubles électroniques et de la cabine.....	68
III-10-5-système de pressurisation.....	70

CHAPITRE IV: MAINTENANCE DU SYSTEME

IV-1-généralités et définitions.....	73
IV-1-1-définition de la maintenance	73
IV-1-2-différents types de maintenance	73
IV-1-3-évolution de la politique de maintenance.....	75
IV-1-4- les différents modes d'entretien.....	75
IV-1-5-maintenance existante à air algérie.....	76
IV-1-6-démarche de dépannage.....	76
IV-1-7-les méthodes de dépannage.....	77

IV-2-exemple de recherche de panne.....	78
IV-3-verification de l'échangeur de chaleur.....	79
IV-3-1- préparation.....	79
IV-3-2- verification de l'echangeurs de chaleur.....	79
IV-3-3- remise en état.....	79
IV-4-dépose/pose du turbo-refroidisseur/ ventilateur équipé.....	80
IV-4-1- préparation	80
IV-4-2- dépose.....	80
IV-4-3- essai opérationnel de la vanne de commande entrée d'air turbine...81	
IV-4-4- pose	82
IV-4-5- finition.....	83
IV-5- verification du groupe pour presence de fuites.....	83
CONCLUSION.....	85

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : GENERALETES SUR L'AVION

Figure I-1:compagnies aériennes.....	2
Figure I-2:les fournisseurs.....	3
Figure I-3:l'assemblage final.....	4
Figure I-4:dimensions de l'ATR72-500.....	8
Figure I-5: le fuselage.....	9
Figure I-6: la voilure.....	9
Figure I-7: les portes.....	10
Figure I-8: les stabilisateurs.....	11
Figure I-9: la nacelle.....	11
Figure I-10: les trains d'atterrissage.....	12
Figure I-11: les composantes du moteur PW127F.....	13

CHAPITRE II: DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME

Figure II-1:principe de pressurisation et ventilation.....	21
Figure II-2:le système de conditionnement d'air.....	25
Figure II-3:commandes et indication.....	26
Figure II-4:diagramme de fonctionnement de système.....	28

CHAPITRE III: ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

Figure III-1: le système de compression.....	29
Figure III-2: la pack valve.....	20
Figure III-3: opération de la pack valve.....	31
Figure III-4: la vanne de régulation de pression.....	31
Figure III-5: fonctionnement de système de compression.....	32
Figure III-6: système de refroidissement.....	33
Figure III-7: les éléments de groupe de conditionnement d'air.....	34
Figure III-8: le ventilateur.....	35
Figure III-9: le séparateur d'eau.....	36
Figure III-10: la vanne de commande entrée turbine.....	37
Figure III-11: dispositif de dégivrage supplémentaire.....	40
Figure III-12: système de regulation de la temperature.....	40
Figure III-13: la vanne de dérivation d'air chaud.....	44
Figure III-14: système de distribution d'air.....	45
Figure III-15: distribution d'air dans la cabine.....	46

Figure III-16: distribution d'air dans le poste de pilotage.....	47
Figure III-17: le ventilateur de recirculation.....	48
Figure III-18: système de ventilation individuelle.....	49
Figure III-19: système ventilation toilette.....	50
Figure III-20: extraction d'air.....	51
Figure III-21: vanna d'évacuation d'air à l'extérieur.....	54
Figure III-22:ventilation batteries.....	55
Figure III-23: les zones pressurisees dans l'avion.....	56
Figure III-24: soupape de regulation de pression électropneumatique....	59
Figure III-25: vanne de débit pneumatique.....	60
Figure III-26: bouton de regulation manuelle.....	61
Figure III-27: indication de temperature.....	66
Figure III-28: indication de système de compression.....	67
Figure III-29: avionics vents.....	69
Figure III-30: indicateur de pression cabine.....	70
Figure III-31: régulateur de pression numérique.....	71
Figure III-32: commandes de régulation manuelle de pression.....	72

CHAPITRE IV: MAINTENANCE DU SYSTEME

Figure IV-1: verification de l'échangeur de chaleur.....	79
Figure IV-2: dépose de turbo-refroidisseur.....	80
Figure IV-3: essai opérationnel de la vanne de comande entrée d'air turbine.....	82
Figure IV-4: verification pour presence de fuites.....	83

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I: GENERALITES SUR L'AVION

Tableau 1:caractéristiques principales des séries d'ATR72.....5

Tableau 2:dimensions de l'avion ATR72-500.....7

ABRIVIATIONS

abréviation	Signification (anglais)	Signification (français)
ACM	Air Cycle Machine	Turbo Refroidisseur/Ventilateur Equipé
ADC	Air Data Computer	Centrale Anémométrique
CAP	Crew Alerting Panel	Panneau d'Alerte Equipage
CCAS	Centralized Crew Alerting System	Système d'Alerte Centralisé de l'Equipage
CPCS	Cabin Pressure Control System	Système de Régulation Pression Cabine
CRC	Continuous Repetitive Chime	Gong Répétitif
ECU	Environmental Control Unit	Groupe de Conditionnement d'Air
MFC	Multi-fnction Computer	Calculateur Multifonctions
AHRS	Attitude Heading Reference System	Système de Référence d'Assiette et de Cap
CNTR	Contactora	Contacteur
CRT	Cathode Ray Tube	Tube Cathodique
GND	Ground	Sol
OVBD	Overboard	A l'Extérieur
P/BSW	Pushbutton Switch	Bouton Poussoir
PWR	Power	Puissance
RLY	Relay	Relais
SW	Switch	Interrupteur
U/F	Underfloor	Sous Plancher

AIR ALGERIE

1-HISTORIQUE:

C'est en 1963 que la compagnie des transports aériens " AIR ALGERIE" devient compagnie nationale dans laquelle l'état Algérien détient 50% du capital. En 1970, le rachat par l'état des actions détenues par les sociétés étrangères a permis le contrôle de la compagnie avec 83% des actions.

Mais ce n'est qu'en 1974, que l'algérianisation totale de la capitale a été réalisée par le rachat des 17% restantes.

Air Algérie a donc commencé à exister en tant que compagnie de transport Aérien, avec une organisation qui évolue avec le développement de sa flotte.

2- LA DIRECTION TECHNIQUE:

La Direction Technique est l'une des directions les plus importants d' Air Algérie.

On peut affirmer que tout repose sur cette structure, c'est-à-dire l'exploration des Appareils.

En effet, la DT est chargée de l'entretien de l'ensemble de la flotte, en d'autres mots, de la mise en ligne des appareils.

Lorsque l'on parle de la maintenance des appareils, il ne faut pas oublier la maintenance des équipements qui sont montés sur ces Appareils.

Il existe deux types de maintenance, celle dite programmée, recommandée par les constructeurs et fabricants d'accessoires, selon les temps de vol des Appareils, le nombre d'atterrissages et décollage des avions et les temps d'utilisation, et celle dite non programmée Lorsque'il s'agit d'équipement, qui est nécessaire par les pannes éventuelles.

Afin d'effectuer toutes ces tâches convenablement, les constructeurs et fabricants mettent à la disposition des compagnies tous les documents requis. Il est important de signaler qu'aussi bien les constructeurs, que les organismes de contrôle aérien (FAA, VERITAS, OACI ETC ...), exigent que tout travail sur un avion, ou un accessoire d'avion, soit effectué selon les instructions données sur les documents, avec la plus grande rigueur.

D'autre part, tout technicien appelé à intervenir sur un avion ou un accessoire, doit obligatoirement suivre une formation au préalable, et donc, être qualifié et certifié pour cela.

Le respect de tout règlement dans l'aviation civil international est primordial, car la sécurité des passagers, et des habitants des zones survolées en dépend.

Cette même règlement et aussi exigeant à l'égard des compagnies aériennes, qui doivent constamment améliorer la qualité de leur travail, et équiper leurs appareils des systèmes toujours plus sophistiqués et donc plus sûrs.

C'est tout cela , qui rend la charge de la direction technique plus lourde, et sa responsabilité plus grande.

En cas d'accident, par exemple l'enquête qui s'en suit, permet de déterminer avec précision, si oui ou non, l'entretien se faisait selon les normes, et dans les temps, car dans l'aéronautique, il ne suffit pas de faire le travail suivant les standards, encore faut-il le faire en temps voulu, c'est la maintenance préventive c'est l'une des contraintes que vit quotidiennement la direction technique, ou toute organisation de maintenance aéronautique.

3-FLOTTE D'AIR ALGERIE:

La flotte est renouvelée par l'acquisition de nouveaux avions tels que les Beings 737-800, 737-600, les ATR72-500 et par des Airbus A330-200.

A ce jour, Air Algérie compte une flotte de 31 avions composées de:

ATR72-500:	8 avions.
A330-200:	5 avions.
B737-800:	10 avions.
B737-600:	5 avions.
B767-300:	3avions.

INTRODUCTION

The word "INTRODUCTION" is rendered in a very bold, black, sans-serif typeface. The letters are thick and blocky, with a slight shadow cast beneath them, giving the text a three-dimensional appearance as if it were a sign or a set of letters on a surface. The shadow is composed of several parallel lines, suggesting a light source from the upper left. The word is centered horizontally on the page.

INTRODUCTION :

Au début de l'aviation, les aéronefs volaient dans des régions tempérées par beau temps et à basse altitude .L'équilibre physiologique n'était pas perturbé par les conditions ambiantes.

Les énormes possibilités offertes par l'Aéronef ont rapidement incité, les aviateurs à voler en toute saison et dans toutes les régions. On installa donc des systèmes de chauffage:

- prélever de l'air chauffé sur les tubulures d'échappement du moteur.
- système de chauffage indépendant composé d'un brûleur d'essence et d'un ventilateur et de différents dispositifs de contrôle de la température et de volume d'air débité.

La procédure d'utilisation de ces systèmes exige souvent qu'on les éteigne pendant les phases dangereuses du vol, ce qui nuit au confort des passagers.

Quand il s'est avéré que les performances des avions augmentaient considérablement avec l'altitude, il fallut, en plus de garder les occupants au chaud, leur permettre de respirer confortablement.

Pour corriger les effets de l'altitude sur la respiration, la première idée fut d'augmenter le pourcentage d'oxygène dans l'air inhalé au moyen d'un masque distributeur.

Cette méthode est encore utilisée de nos jours dans les avions de chasse faiblement pressurisés et dans les avions légers non pressurisés mais capable d'évoluer en haute altitude.

On appelle conditionnement d'air l'ensemble des moyens permettant de maintenir à l'intérieur d'un avion des conditions de température et d'humidité compatibles avec les besoins physiologiques des occupants. De plus, le conditionnement d'air peut servir au refroidissement des appareils électriques et électroniques.

La pressurisation désigne l'ensemble des moyens qui permettent de maintenir à l'intérieur d'un avion une pression d'air suffisante pour assurer la respiration normal et confortable des occupants. Toutefois, dans les avions militaires tactiques, la pressurisation de l'habitacle ne sert qu'à éviter aux occupants les accidents de décompression ; par conséquent l'inhalation d'oxygène supplémentaire y est obligatoire.

La notion de confort varie selon les individus mais on a pu déterminer par expérience que la majorité des êtres humains en position assise et au repos se satisfait d'une température efficace comprise entre 20°C et 22°C, à condition que l'air respire soit à une pression suffisante.

Mon étude va se porter sur la description, l'étude technologique et la maintenance de système de conditionnement d'air de l'avion ATR72-500.

Pour mener mon travail, je l'avais devisé en quatre chapitres dont le premier est consacré aux généralités sur l'avion ATR 72-500, le deuxième va se porter sur la description générale du système, le troisième est consacré à l'étude technologique des équipements du système et le quatrième fera l'objet de la recherche de panne et la maintenance du système. Enfin une conclusion est tirée.

Chapitre I

GENERALITES SUR L'AVION

I-1-INTRODUCTION:

Le secteur aéronautique dans la région toulousaine connaît actuellement un essor considérable grâce au déjà très célèbre géant d'Airbus, l'A380.

Le Groupement d'Intérêts Economiques (GIE) AVIONS DE TRANSPORT REGIONAL est une société commune à deux grands constructeurs aéronautiques européens que sont : Aérospatiale (aujourd'hui EADS) pour la part Française et Aeritalia (aujourd'hui Alenia Aeronautica) pour la part Italienne. Le GIE a été créé le 5 février 1982 à la suite du lancement du programme ATR 42. C'est une société filiale à parts égales entre:

- EADS ATR (50%)
- Alénia (50%)

Cette association a pour but de regrouper des compétences et des capitaux pour construire un avion compétitif et assurer le service après vente aux quatre coins du monde, grâce notamment à deux antennes, une à Washington et l'autre à Singapour.



Figure I-1:compagnies aériennes.

Comme toutes les entreprises de ce secteur, ATR cherche sans cesse à améliorer les procédés de fabrication pour réduire les coûts et les délais de production, tout en améliorant la qualité de leur produit.

Pour répondre à ces nouvelles exigences, il a fallu revoir l'organisation de la production et développer des techniques nouvelles. La mesure intervient maintenant à tous les stades de la vie de l'avion.

I-2-HISTORIQUE:

L'avion ATR est un avion de transport régional, sa construction a été lancée le 4 novembre 1981 en réponse à une demande nouvellement signalée d'industrie d'un avion régional de 40 à 70 places, avec les conditions spécifiques recherchées:

- Flexibilité opérationnelle exceptionnelle dans les environnements graves.
- Consommation du carburant et l'entretien à moindre coût.
- Confort des passagers.

Quand les divers fabricants ont regardés les conditions . Aérospatial (EADS) de France et la compagnie, Aeritalia / Alenia de l'Italie ont décidés de faire une coopération, ils ont donc signé un accord d'association pour le projet.

En novembre 1981 , l'Aérospatiale et Aeritalia fusionnent leurs deux projets d'avion régional : le 4 novembre 1981, à Paris, un accort sur le lancement de l'ATR 42, un avion confortable, facile à faire voler et à entretenir. En avril 1982, sont placées les premières commandes pour l'ATR42.

Le programme de l'ATR42-300 , le premier de la famille , est lancé en novembre 1981.Le premier prototype a volé pour la première fois le 16 août 1984 et l'avion a été certifier en septembre 1985 par l'Italie et la France. Le 9 décembre 1985, il est mis en service commercial par la compagnie Air Littoral.

Par rapport aux prototypes , les ATR42-300 de série ont une masse maximale au décollage plus importante et une autonomie accrue. Les ATR42-300 ont des moteurs différents pour de meilleures performances en climat chaud. Ces versions ont été construites jusqu'en 1996, date de laquelle l'ATR42-500 les a remplacés.

Le deuxième avion construit par ATR est l'ATR72-500, version allongée de l'ATR42,qui entra en service en 1998.

L'ATR a utiliser à une grande partie des efforts de recherches et de développement qui étaient déjà suivi par Aeritalia et Aérospatiale pour produire un nouveau avion (510 employés, 255 personnes venant de EADS, 85 personnes d'Alenia, 135 employés directs ATR et enfin 35 personnes embauchés localement sur les sites de Singapour et Washington.). Les résultats de leurs travaux ont donnés l'ATR 42 et l'ATR 72, les nominations 42 et 72 sont dérivées de leurs nombres de places.

I-3-LES FOURNISSEURS:

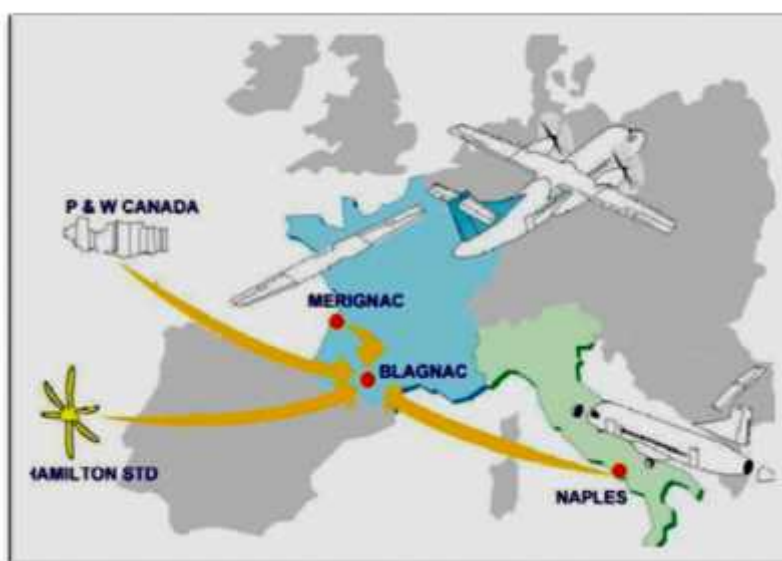


Figure I-2:les fournisseurs.

Les sections de fuselage et les gouvernes de direction sont établies par Alenia à Napels (Italie).

Les ailes et les nacelles du moteur sont construites par Aérospatiale (France).

Les groupes turbopropulseurs sont construits par Pratt et Whitney de Canada.

Les hélices sont construites par Hamilton-Sundstrand.

Les trains d'atterrissage sont construits par Messier Dowty.

Tous ces composants sont transportés à Toulouse-Blagnac pour l'assemblage final et l'essai en vol.



Figure I-3:l'assemblage final.

Vers la fin de 2001, 616 avions ont été délivrés à partir de 652 qui ont été commandés (256 du type ATR 72, 360 du type ATR 42), ceci représente 67% de la part du marché mondial en ce qui concerne les turbopropulseurs dont le nombre de sièges varie de 40 à 70 sièges.

Les dernières versions commercialisées d'ATR sont les ATR 42-500 et ATR72-500 qui ont des hélices à 6 pales (au lieu de quatre lors des versions plus anciennes) ce qui permet notamment de réduire considérablement le bruit de l'avion, ces nouvelles versions ont permis d'améliorer les performances grâce à des nouveaux moteurs plus puissants; enfin l'empennage de la gamme (-500) est désormais constitué en matériaux composites. Avec ses ATR 42 et 72 de la série -500, ATR est leader mondial sur le marché des avions turbopropulseurs de transport régional de 40 à 70 places.

I-4-CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES SERIES D'ATR72:

	ATR72- 200/202	ATR72- 210/212	ATR72- 500
Envergure (m)	27.05		
Longueur (m)	27.22		
Hauteur (m)	7.65		
Surface alaire (m ²)	61		
Autonomie (km)	1600		
Poids bas de fonctionnement (lbs)	27.558	27.558	28.953
Poids nul de carburant (lbs)	43.430	43.430	43.430
Poids max.au décollage (lbs)	47.300	47.400	48.501
Poids max. à l'atterrissage (lbs)	47.068	47.068	47.068
Capacité maximum de carburant (lbs)	10.300	10.300	11.020
Type du moteur	PW 124	PW127	PW127F
Nombre de pales	4	4	6
Type d'hélices	14SF11	247F	568F
Poussée (SHP)	2160	2480	2750
Réserve au décollage (RTO) (SHP)	2300	2700	2990

Tableau 1:caractéristiques principales des séries d'ATR72.

- SHP: puissance sur l'arbre en chevaux (shift horse power)

$$1\text{SHP}=0.7457 \text{ KW}$$

- 1LB=453.6 grammes

I-5-PRESENTATION DE L'AVION ATR 72-500:

L'ATR72-500(la nouvelle génération) est dérivé de l'ATR42.Cette version possède les mêmes moteurs et hélice à six pales, la même conception intérieur et les mêmes techniques d'isolation que l'ATR42-500, proposant le même niveau de confort et obtenant le même succès auprès des passagers. Sa capacité standard est de 68 sièges. L'ATR 72-500 offre le prix de revient au siège kilomètre le plus bas, reconnu comme une référence pour le marché régional. Les améliorations apportées en matière d'aérodynamique et de puissance permettent un décollage et un atterrissage court. La masse maximale au décollage a été augmentée de 300 kg en 2004, passant de 22.500 kg à 22.800 kg.

Tous les modèles ATR sont conformes aux réglementations en vigueur concernant le niveau des nuisances sonores et disposent même d'une grande marge par rapport aux futures réglementations qui entreront en vigueur le 1^{er} janvier 2006. L'hélice à six pales produit un niveau de bruits externe Remarquablement faible. Les faibles consommations de carburant et d'émission gazeuses participent également au respect de l'environnement.

Les ATR72-500 seront équipés de la cabine "Elégance", des dernières innovations technologiques en matière d'instruments de communications et d'aide à la navigation ainsi que de systèmes audio-visuels à bord "IFE".

I-6-DIMENSIONS DE L'AVION:

DIMENSIONS EXTERNES (m)	
envergure	27,050
longueur	27,166
largeur maximale du fuselage	2,865
hauteur	7,65
Largeur de train principale	4,10
diamètre de l'hélice	3,93
distance entre le centre de l'hélice	8,10
distance entre l'hélice et le fuselage	0,835
distance entre l'hélice et le sol	1,10
PORTE PASSAGER (arrière gauche) (m)	
hauteur	1,75
largeur	0,75

PORTE DE SERVICE (arrière droite) (m)	
hauteur	1,22
largeur	0,61
PORTE CARGO (avant gauche) (m)	
hauteur	1,53
largeur	1,275
SORTIE DE SECOURS (m)	
hauteur	0,91
largeur	0,51
SORTIE DE SECOURS DE L'EQUIPAGE (m)	
longueur	0,51
largeur	0,48
PERFORMANCE (Km/h)	
Vitesse maximum de croisière	511(276kt)
DISTANCE DE DECOLLAGE (m)	
ISA, niveau de la mer	1223
ISA +10°C à 915m	1300
ISA, niveau de la mer pour un vol de 556 Km avec 68 passagers	1079
DISTANCE D'ATTERRISSAGE (m)	
ISA, niveau de la mer, au poids maximum autorisé à l'atterrissage	1048
Distance franchissable avec 68 passagers	1324

Tableau 2: dimensions de l'avion ATR72-500.

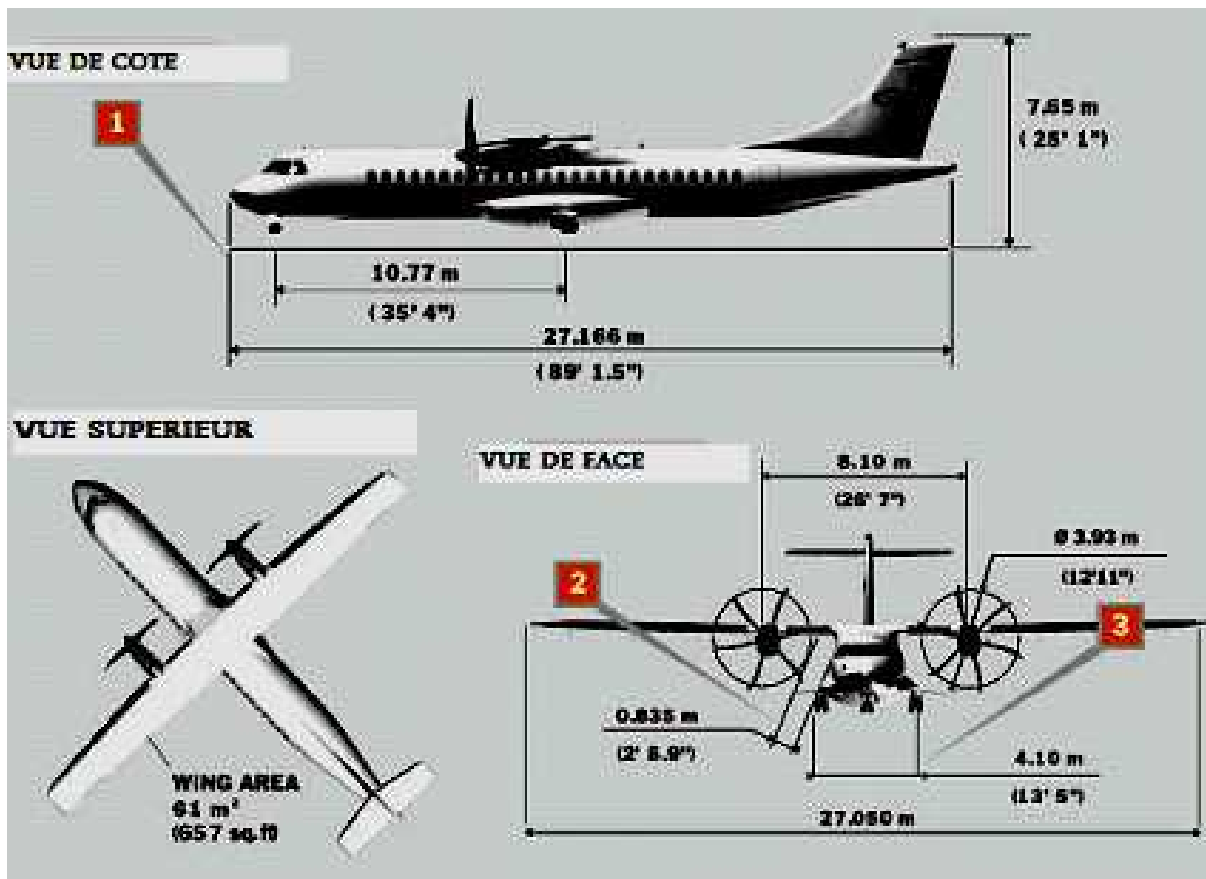


Figure I-4: dimensions de l'ATR72-500.

I-7- PRESENTATION DE LA STRUCTURE DE L'AVION:

I-7-1- LE FUSELAGE:

Le fuselage de l'avion ATR 72 est de construction semi monocoque conçu selon des critères tolérants de sécurité/dommages pour des raisons structural comme suite:

- Section 11: nez de fuselage.
- Section 13: section centrale d'avant de fuselage.
- Section 15: partie centrale de fuselage.
- Section 16: section centrale arrière de fuselage
- Section 18: section de queue de fuselage.

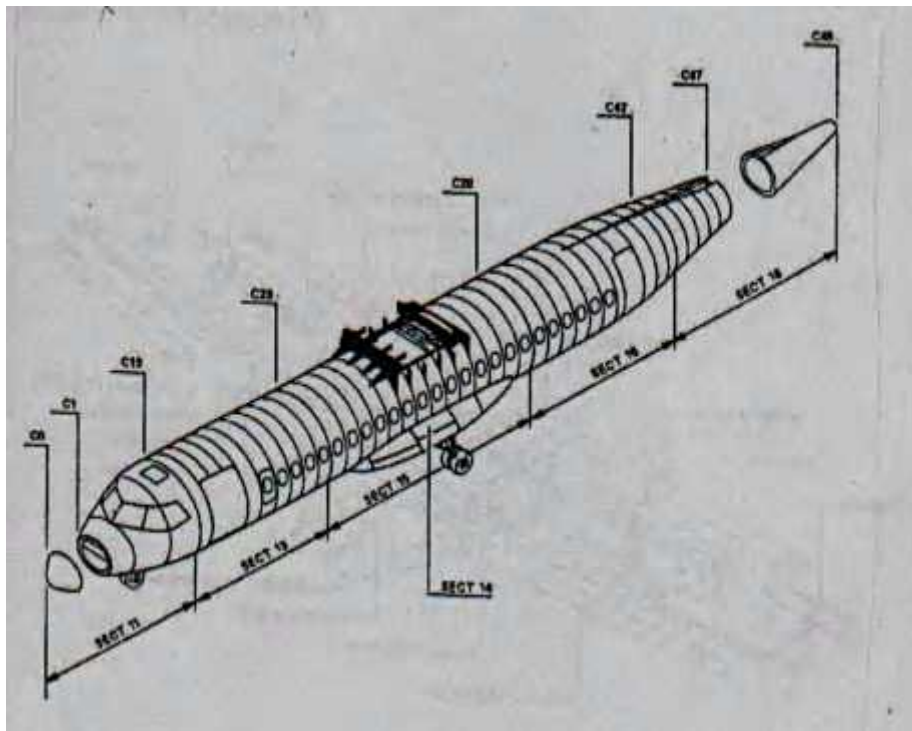


Figure I-5: le fuselage.

I-7-2-LA VOILURE:

L'ATR est un avion à haute voilure se composant de 3 forces :

- Une boîte rectangulaire de centre.
- Deux externes trapézoïdal, une pour chaque coté de la boîte plan central.

Le plan centrale et deux toile, longitudinaux approprié de cisaillement sont attachés au fuselage avec le boulon d'expansion et attachement de boulon et le centre fiche aux armatures principales de fuselage.

Les structures secondaires suivantes sont fixées sur les éléments principaux:

- Les saumons.
- Les bords de fuites.
- Les ailerons d'aile.
- Les spoilers d'ailes.
- Les carénages.

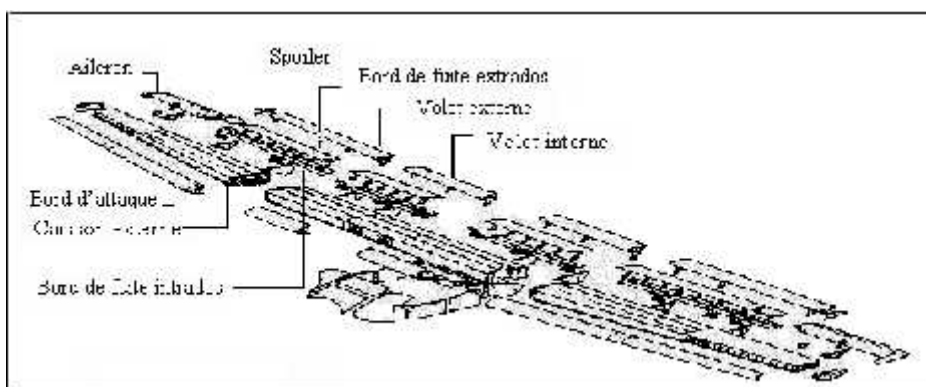


Figure I-6: la voilure.

I-7-3- LES PORTES:

Cette section couvre toutes les portes externes pour pressuriser des compartiments non pressurisés, système d'avertissement de portes de train d'atterrissage. Il y a plusieurs portes dans l'aéronef:

- Porte de passagers/équipage.
- Porte de sortie de secours.
- Porte cargo.
- Porte de service.

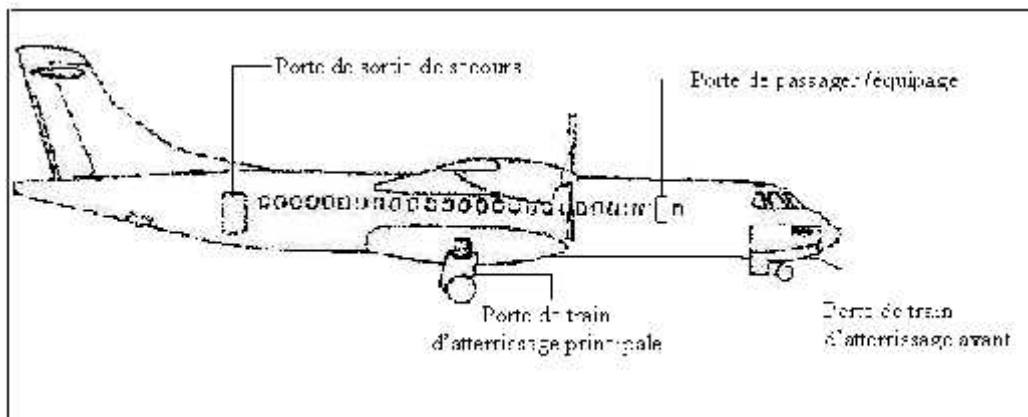


Figure I-7: les portes.

I-7-4-STABILISATEUR:

L'ATR est équipé de stabilisateur boulonné à la section de queue du fuselage, il est composé de:

- Un aileron dorsal, se compose d'une partie avant et arrière. Il est fixé au fuselage à l'aide de vis et un type courant structure en utilisant les matériaux composites pour des panneaux de revêtement.
- Un aileron, adapté à la partie arrière de fuselage à l'aide des boulons, inclus une boîte structural principale, la boîte principale et un marginales démontable d'aileron et une structure de longeron avec des panneaux de sandwich et boulonnée à la partie arrière de fuselage.
- Une gouverne de direction est articulée sur le longeron arrière à l'aide des charnières d'arbre, dont un inférieur est duel.

Le rebord arrière adapté dans la section inférieure à un équilibre à étiquette de ressort relie à la structure de gouverne de direction par le piano structural.

Le bout de gouverne de direction est équipé du klaxon de chauffage.

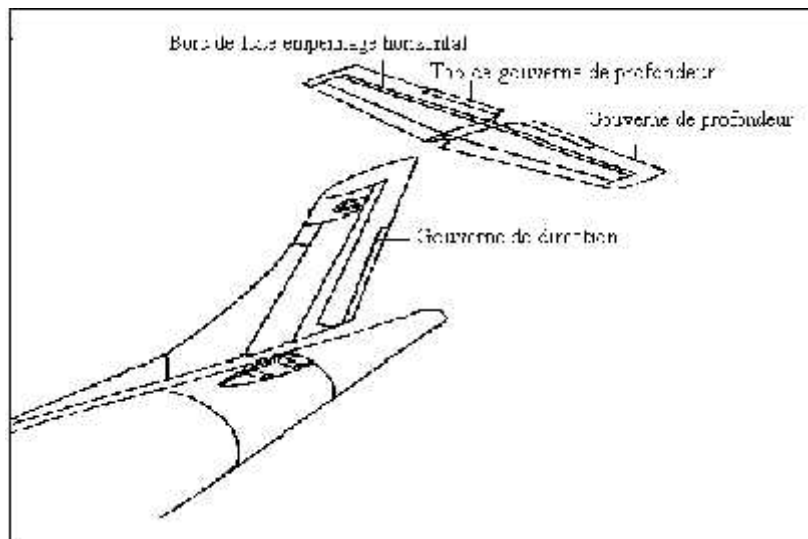


Figure I-8: les stabilisateurs.

I-7-5-NACELLE:

Les nacelles contiennent des moteurs et l'équipement relatif elles comportent l'armature principale qui porte de curinage.

Les nacelles sont fixées sur l'intrados de la boîte du centre et au longeron avant d'aile entre les nervures 10 et 12. Chaque nacelle inclure une section avant, un centre et une section arrière.

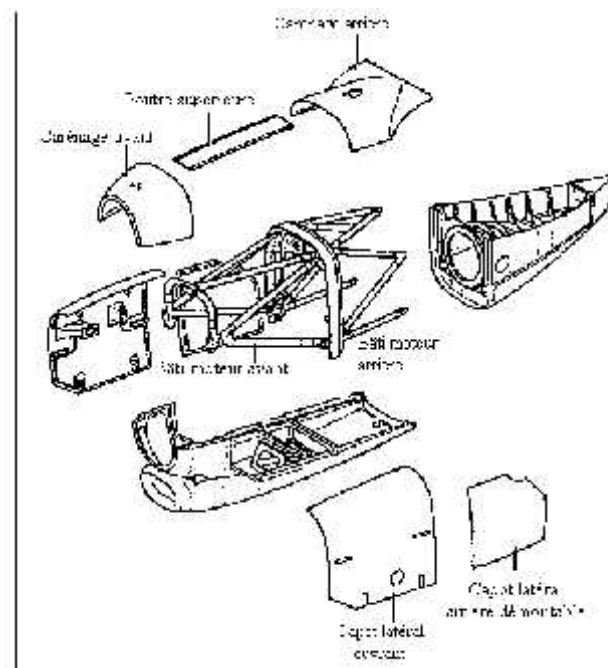


Figure I-9: la nacelle.

I-7-6- TRAIN D'ATTERRISSAGE:

Le train d'atterrissage se compose de deux atterrisseurs principaux et d'un atterrisseur avant.

Le train d'atterrissage principal est du type dowty avec un amortisseur oléopneumatique. chaque train principal Porte deux roues équipé de frein.

Le train avant est du type dowty, équipé d'un amortisseur, il emporte un système d'orientation.

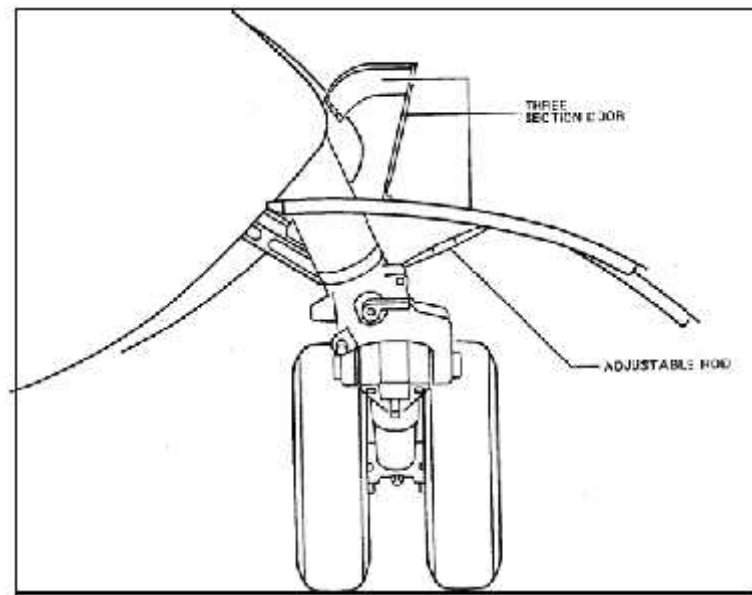


Figure I-10: les trains d'atterrissage.

I-8- LE MOTEUR PW127F:

- Ce moteur est composé de deux modules indépendants qui sont :
 - Le module turbomachine
 - Le module RGB (Reduction Gearbox).
 - Trois arbres coaxiaux, chaqu'un est indépendant de l'autre.
 - Deux compresseurs identiques (même nombre d'étage) et de même type (centrifuge) :
 - Compresseur basse pression (LPC)
 - Compresseur haute pression (HPC).
 - Turbine libre avec deux (02) étages.
 - Deux turbines de type axiales avec le même nombre d'étage (un étage pour chacune).
 - L'ordre de circulation :
 - L'admission à l'avant.
 - L'échappement à l'arrière.
- Récupération 100% de poussée.
 - Chambre de combustion à flux inverse pour avoir un moteur plus court et plus léger.
 - Deux étages de RGB (Reduction Gearbox)
 - Le système de contrôle de carburant électronique digital avec le support manuel.
 - Le système de mesure de couple est électronique.
 - Un système automatique (auto feather) pour but de réduire la charge de travail sur le pilote si le moteur s'arrête pendant le décollage.

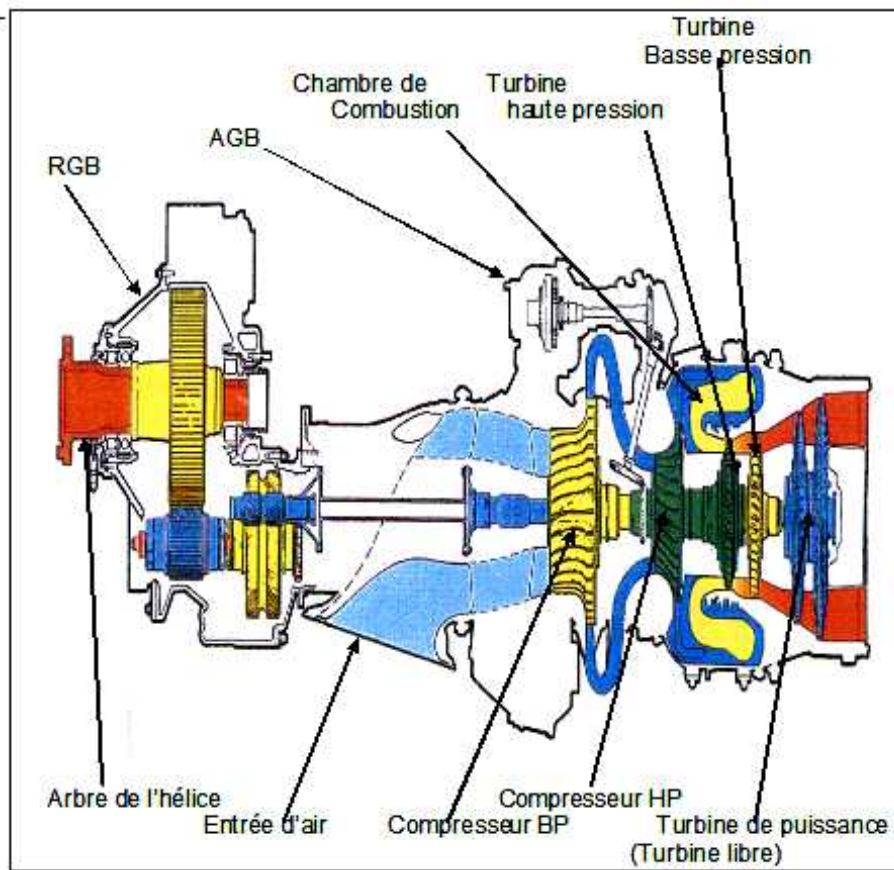


Figure I-11: les composantes du moteur PW127F.

Chapitre II

DESCRIPTION GENERALE

DU

SYSTEME

LISTE DES COURBES

CHAPITRE II: DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME

Courbe II-1: cycle de refrigeration.....	16
Courbe II-2: variation de la pression sur l'axe d'altitude.....	17
Courbe II-3: variation de la température en fonction de l'altitude.....	18
Courbe II-4: sensation de confort.....	19

II-1- RAPPELS SUR LA THERMODYNAMIQUE:

II-1-1-INTRODUCTION:

La thermique, ou science de la chaleur, étudiant les échanges thermiques ou échanges de quantités de chaleur.

Ces phénomènes sont souvent accompagnés de variations des dimensions géométriques mettant en jeu un travail mécanique permet d'énoncer deux principes très généraux. De ces deux principes, il est possible de déduire des précisions sur le sens de l'évolution des phénomènes et des relations rigoureuses liant entre elles certaines grandeurs physiques. On fait alors de la thermodynamique.

La thermodynamique est, cependant, plus générale que cette thermomécanique que nous venons de définir. Ses principes restent valables lorsqu'on interviennent des phénomènes électriques, magnétiques, chimiques et les formes correspondantes de l'énergie.

II-1-2-NOTIONS DE THERMODYNAMIQUE:

1-Les gaz parfaits:

La formule est donnée par:

$$PV=RT.....(II-1)$$

P: pression.

V: volume.

R: constante des gaz parfaits.

T: température.

Il suffit de connaître deux paramètres pour déterminer l'état d'un gaz.

-Volume constant:

$$Q = m C_v (T_2-T_1).....(II-2)$$

Q: quantité de chaleur.

C_v:chaleur spécifique à volume constant.

T₂-T₁: différence de température.

-Pression constante:

$$Q = m C_p (T_2-T_1).....(II-3)$$

C_p:chaleur spécifique à pression constant.

Constataion C_p>C_v

C_p/C_v=1.4 pour l'air froid.

2-Transformation d'état:

Adiabatique: sans échange de chaleur avec l'extérieur.

Isothermique: à température constante.

Isobarique: à pression constante.

-Transformation adiabatique réversible:

$$PV = \text{cte}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_1 V_1 = RT_1$$

$$P_2 V_2 = RT_2$$

$$T_2/T_1 = (P_2/P_1)^{\gamma-1/\gamma}$$

$$= P_2 V_2 C_p/C_v$$

-Transformation isobarique:

$$P_1 V_1/P_2 V_2 = RT_1/RT_2$$

$$V_1/V_2 = T_1/T_2$$

$$V/T = \text{cte}$$

Travail: $W = Pdv = m R (T_2-T_1)$

Quantité de chaleur: $Q = U + W = C_v (T_2-T_1) + \mu (V_2-V_1)$

-Transformation isothermique:

$$P_1 V_1 = RT$$

$$P_2 V_2 = RT$$

$$P_1/P_2 = V_2/V_1 = PV = \text{cte}$$

Travail: $W = Pdv = P_1 V_1 dv/V = P_1 V_1 \ln P_1/P_2$

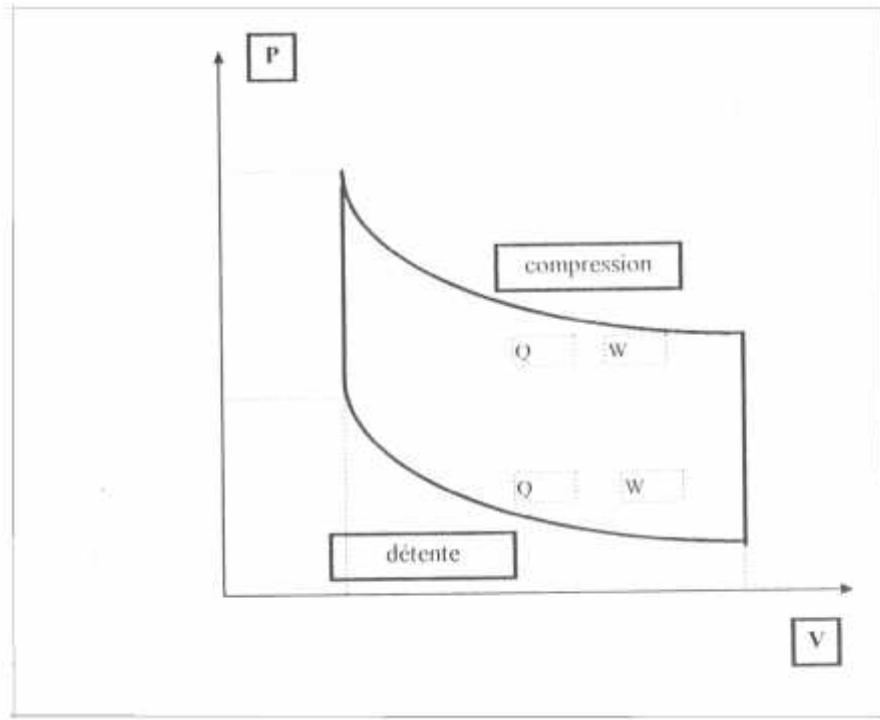
Quantité de chaleur: $Q = W$ car $T_2-T_1 = 0$

3-Cycle de réfrigération:

Dans le cycle de réfrigération, durant :

-La compression, on fournit le travail W et la quantité de chaleur Q augmente.

-La détente, le travail est fourni par la turbine qui va entraîner le compresseur et la quantité de chaleur Q est absorbée, donc la détente produira du froid.



Courbe II-1: cycle de refrigeration.

II-2-CONSTITUTION DE L'ATMOSPHERE:

L'air atmosphérique normal, tel que l'on respire au bord de la mer par exemple et loin de toute agglomération contient en volume:

- Azote N₂:78%
- Oxygène O₂:21%
- Gaz carbonique CO₂:petites quantités
- Gaz rares: traces

L'air atmosphérique contient toujours de l'eau en proportion variable selon le lieu et le temps. Il contient, en outre des particules solides ou liquides constituant les poussières et les brouillards.

Avec l'altitude, la composition de l'air (N₂, O₂, CO₂) est toujours constante mais la température et la pression, donc la densité varient suivant la loi de Laplace:

$$dp = - \rho \cdot g \cdot dh \dots \dots \dots (II-4)$$

dp:variation de pression.

ρ :densité de l'air.

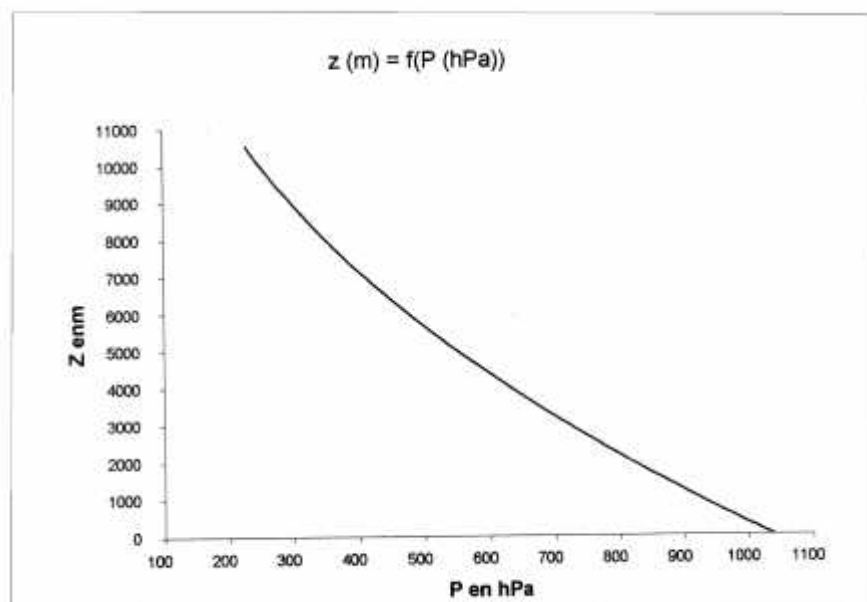
g:constante de l'attraction de la pesanteur.

dh:variation de hauteur.

II-2-1-LA PRESSION:

L'oxygénation des poumons dépend de la pression d'oxygène qui pénètre. La pression d'oxygène dans l'air ou pression partielle, est égale à un cinquième de la pression totale et cette proportion est constante quelle que soit la pression de l'air. Jusqu'à environ 7000 Pieds la pression partielle d'oxygène dans l'air suffisante pour assurer la saturation quasi-totale du sang lors des échanges pulmonaires. A 10000 Pieds au-dessus du niveau de la mer le sang ne s'oxygène plus qu'à 90% de son niveau de saturation et un séjour prolongé à cette altitude provoquent de la fatigue et des maux à la tête. A 25000 Pieds, on perd connaissance au bout de cinq minutes.

Il y a deux façons de contrer les effets de l'anoxie (manque d'oxygène) provoquée par l'altitude: soit qu'on maintienne la pression d'air à l'intérieur de l'avion à un niveau permettant la quasi-saturation du sang, soit qu'on augmente la pression partielle d'oxygène dans l'air à l'aide d'un masque à oxygène. Quand on parle d'altitude on doit entendre l'altitude pression à laquelle se trouve l'avion, c'est-à-dire l'altitude indiquée par un altimètre barométrique calé sur le calage standard (101.325 Kpa). La notion de pression à l'intérieur de l'habitacle d'un avion s'exprime en altitude pression régnant à l'intérieur de cet habitacle.



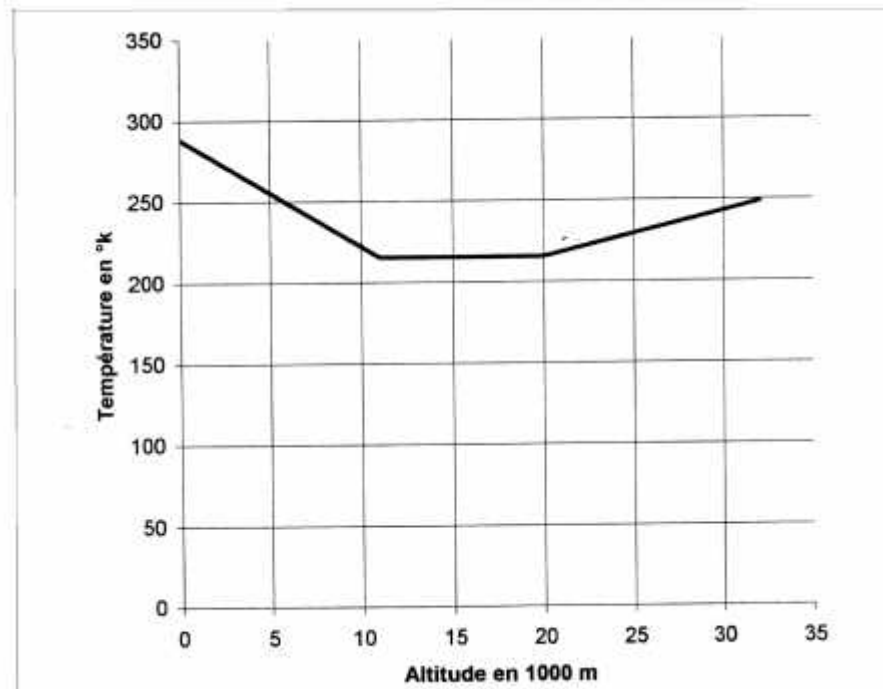
Courbe II-2: variation de la pression sur l'axe d'altitude.

II-2-2-LA TEMPERATURE:

A mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère, la température baisse rapidement. On compte, en général, une diminution de 0.5°C à 1°C par 100m. Ainsi si la température au sol est de 15°C, elle est aux environs de -17°C à

5000m et de -50°C à 10000m.

Cet abaissement de la température à pour effet d'augmenter la sécheresse de l'air, ce qui répercute sur l'organisme en provoquant une augmentation de l'évaporation respiratoire et de la soif.



Courbe II-3:variation de la température en fonction de l'altitude.

II-2-3-GAZ CARBONIQUE CO₂ ET OXYGENE O₂:

L'homme placé dans une enceinte close modifie profondément l'atmosphère intérieure. Il absorbe de l'oxygène et émet du gaz carbonique. La quantité de calories nécessaires et la consommation d'oxygène seront autant plus élevées que le travail fourni sera grand.

En générale, une consommation moyenne de 25 litres d'oxygène par heure est nécessaire.

Pour un individu normal au repos et dans une atmosphère dont la température est comprise entre 15°C et 25°C , le dégagement de gaz carbonique est à peu près de 20 litres par heure.

II-3-ASPECTS PHYSIOLOGIQUES A CONSIDERER LORS DE VOL:

A bord d'un avion plusieurs facteurs contribuent au confort des passagers Ce sont:

- La largeur de la cabine.
- La conception des sièges.
- Le niveau de bruit.

Mais c'est principalement le conditionnement d'air . Son but est d'assurer le confort de l'équipage et des passagers.

Celui de l'équipage est nécessaire afin de conserver à ces membre les capacités intellectuels, leur jugement, leur mémoire, leur habileté et leurs diverses possibilités d'observation exactes et rapides. Toutes ces qualités étantévidemment sous la dépendance des conditions de confort.

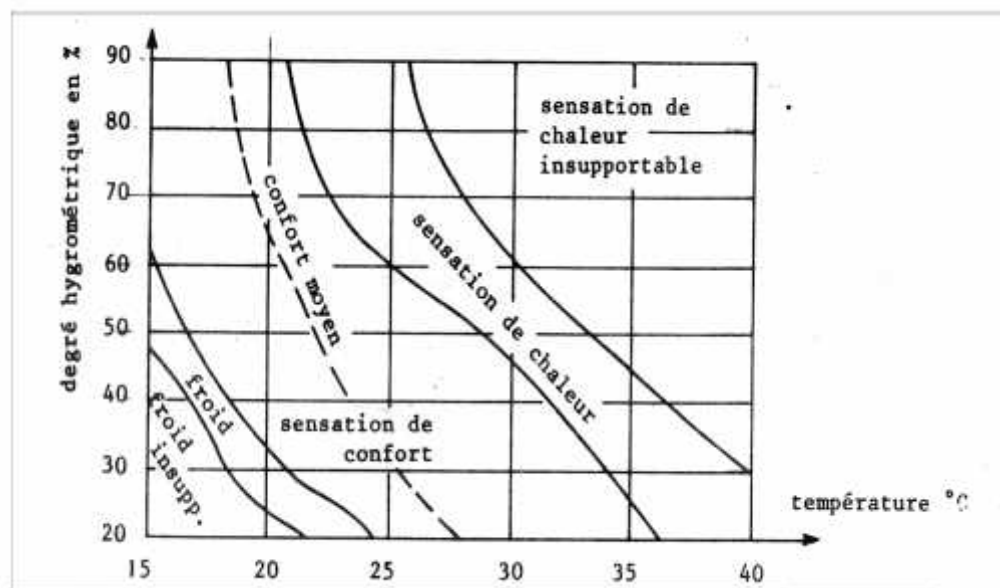
Il est aussi nécessaire pour le confort des passagers. Ces derniers sont assis ou couchés tout le temps du trajet. L'impression de confinement ou de manque d'espace serait accrue par des conditions de confort défectueuses.

Le confort peut se définir comme un état dans lequel le sujet est inconscient des processus physiologiques que son organisme met en action pour s'adapter au milieu ambiant.

Sa réalisation est un problème difficile car elle met en jeu des phénomènes assez différents.

Les divers facteurs qui jouent sur l'impression de confort sont:

- La constitution de l'atmosphère.
- La température et la pression.



Courbe II-4:sensation de confort.

II-4-BUT DE CONDITIONNEMENT DE L'AIR:

Il est nécessaire de recréer en altitude les mêmes conditions de vie qu'au niveau du sol en assurant le confort de l'équipage et des passagers.

II-4-1-NECESSITE DE LA CLIMATISATION:

Le corps humain est un échangeur thermique avec le milieu ambiant, la température d'une cabine doit être adaptée afin que le passager n'ait pas

conscience des processus physiologiques que son organisme met en jeu pour s'adapter au milieu ambiant, le conditionnement d'air permet :

Climatiser: l'air introduit dans la cabine doit être refroidi ou réchauffé afin que la température ambiante soit comprise entre 18 et 25°C et soit homogène dans toute la cabine.

Nous vous rappelons que les avions évoluent dans les conditions extérieures de température pouvant aller de +100°C (vol supersonique) à -60°C (vol subsonique à haute altitude).

II-4-2-NECESSITE DE LA VENTILATION:

L'air atmosphérique normal contient en volume :

-Azote: 78%

-Oxygène (O₂):21%

-Gaz carbonique (CO₂):0,03%

-De la vapeur d'eau et des gaz rares (Argon, Xénon,...)

L'être humain, dans des conditions normales de température, consomme de l'oxygène, rejette du gaz carbonique et dégage de la vapeur d'eau. Il est donc nécessaire de renouveler l'air. Le conditionnement d'air doit donc:

Ventiler: l'air d'une capacité étanche habitée ne tard pas à se vicier. L'homme consomme en moyenne 25 litres/heure de O₂, 45 grammes/heure de vapeur d'eau et en outre des impuretés diverses. Le teneur en CO₂ ne doit pas dépasser un certain taux jusqu'à 2%, il n'y a pas de danger immédiat, au-dessus de ce pourcentage, on constate une fatigue est il ya asphyxie à partir de 30% de CO₂. Il est donc nécessaire de renouveler l'air. De plus, il faut évacuer le gaz carbonique, les microbes, les poussières en suspension, et les odeurs désagréables (cuisine, toilettes).

II-4-3-NECESSITE DE LA PRESSURISATION:

En altitude, si la composition de l'air reste la même, la pression est plus faible et le corps humain pour pouvoir absorber une quantité d'oxygène suffisante, devra accélérer son rythme pulmonaire, d'où des effets physiologiques. D'autre part, l'organisme humain peut supporter des variations de pression relativement grandes à condition qu'elles soient lentes. Le conditionnement d'air a pour but: Pressuriser: un organisme humain, même de santé médiocre, peut vivre dans de bonnes conditions de bien-être jusqu'à l'altitude de 2500 m (8000 feet). Pour les vols à une altitude supérieure, à l'intérieur de la cabine, une pression constante correspondante au maximum à cette altitude (560mm de mercure). Le règlement autorise une altitude cabine limite de 10000 feet. Indépendamment de la valeur absolue de la pression, la rapidité avec la

quelle celle-ci varie intervient dans l'impression de confort : une variation trop rapide provoque des troubles, notamment auditifs.

II-5-PRINCIPE: pressurisation et ventilation

Dans les avions à fuselage pressurisé, les fonctions pressurisation et ventilation s'effectuent simultanément. Nous rappelons que la pressurisation a pour but de maintenir une pression compatible avec les conditions normales de confort.

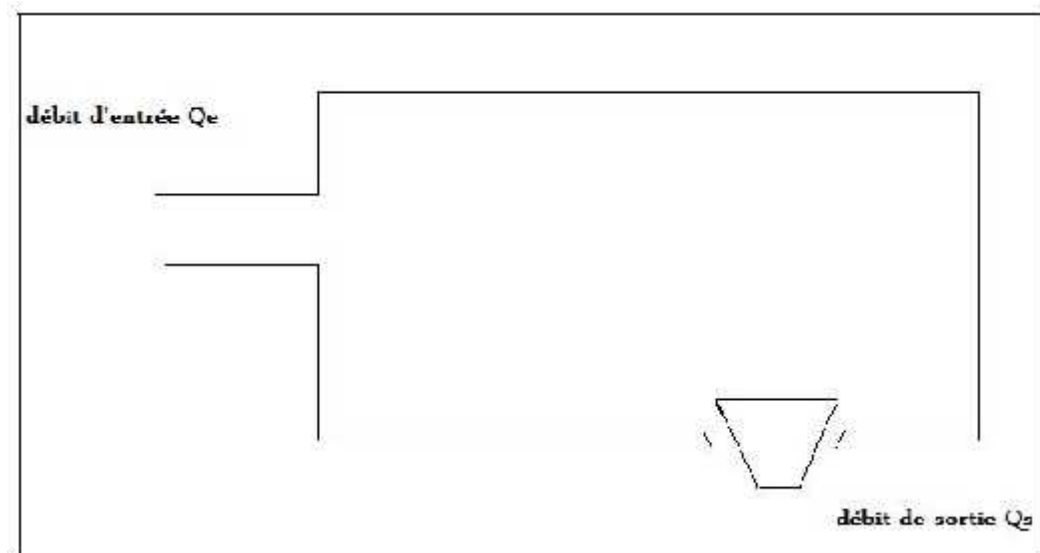


Figure II-1: principe de pressurisation et ventilation.

Si $Q_s > Q_e$: la pression cabine diminue, l'altitude cabine augmente.

Si $Q_s = Q_e$: l'altitude de cabine constante.

Si $Q_s < Q_e$: la pression cabine augmente, l'altitude cabine diminue.

Pour un débit d'entrée Q_e constant, il suffit donc d'agir sur le débit de sortie pour déterminer la pression cabine.

Remarque: la ventilation peut toute fois être effectuée indépendamment. L'air est amené à travers la cabine par le moyen d'une prise dynamique. Ce dispositif est notamment utilisé en ventilation secours, sur les avions commerciaux.

II-6-SOURCES D'AIR:

L'air nécessaire au conditionnement d'air peut être fournir par:

- Des compresseurs.
- Des prélèvements d'air sur le compresseur des réacteurs.
- L'APU.
- Un ou plusieurs groupes de climatisation au sol.

1-Compresseurs: ce sont des compresseurs volumétriques rotatifs constitués de 2 engrenages à 2 dents.

2-Turbo compresseurs: le turbo compresseur est constitué d'un compresseur entraîné par une turbine qui est elle-même entraînée par de l'air prélevé sur un réacteur. Cet équipement n'est plus utilisé sur les avions modernes.

3-Prélèvement réacteurs: ce type de prélèvement est utilisé sur tous les avions modernes. Le prélèvement d'air sur un réacteur est normalement effectué sur les étages intermédiaires du compresseur.

5-Prélèvement APU: l'air est prélevé sur le compresseur de l'APU à travers une vanne régulatrice de soutirage APU, la pression est d'environ de 40PSI. Un clapet anti retour isole le circuit pneumatique de l'APU en cas de débit inverse.

6-Groupe de climatisation au sol: au sol, une prise extérieure permet la ventilation à partir de groupe de parc de climatisation.

II-7-LESYSTEME DE CONDITIONNEMENT D'AIR DE L'AVION ATR72-500:

II-7-1-FONCTION:

La fonction de conditionnement d'air est:

- De limiter le débit d'air vers les compartiments pressurisés en tenant compte des performances du système de pressurisation.
- Refroidir l'air de prélèvement aux températures voulues.
- D'eliminer l'eau condensée afin de maintenir un niveau d'humidité compatible avec le confort des passagers et de l'équipage.

L'énergie de refroidissement nécessaire est fournie par l'échangeur de chaleur air/air et l'expansion de l'air comprimé.

Le système de conditionnement d'air est destiné à maintenir dans la cabine passagers et le poste de pilotage un environnement (pression, température, humidité et propreté) nécessaire au confort des passagers et de l'équipage aussi bien au sol qu'en vol.

L'air de ce système permet également de ventiler :

- Les composants situées dans la soute électronique.
- Les toilettes.

II-7-2-GENERATION:

L'air de conditionnement est prélevé de:

1-Moteur:

L'air prélevé sur les compresseurs des moteurs est régulé en pression par une vanne de régulation débit groupe avant d'entrer dans le groupe de conditionnement d'air. L'air est ensuite pré- refroidi par un échangeur de chaleur et acheminé vers le groupe.

2-Une connexion au sol:

L'air fourni par un terrain de climatisation entre dans le système de distribution par le biais d'une connexion à la terre.

II-7-3-DISTRIBUTION:

L'air de génération régulé en température et en pression est distribué aux compartiments pressurisés puis évacué vers l'extérieur. La cabine est alimentée en air de façon permanente.

L'air conditionné est prélevé sur les collecteurs d'air froid et d'air chaud par les groupes de conditionnement d'air puis distribué dans le poste de pilotage et la cabine. Il assure la ventilation des composants électriques et électroniques.

L'air est ensuite évacué vers l'extérieur par le système de régulation de la pression de la cabine.

II-7-4-REGULATION DE PRESSION DE LA CABINE:

La cabine et le poste de pilotage sont pressurisés afin de maintenir une pression correspondant à une altitude compatible avec le confort de l'équipage et des passagers. La pressurisation est obtenue en limitant l'évacuation vers l'extérieur de l'air de conditionnement.

1-Régulation automatique de la pression de la cabine:

La pression ou l'altitude de la cabine et les variations d'altitude/pression de la cabine sont maintenues dans des limites compatibles avec le confort des passagers et avec les conditions de sécurité. Cette fonction automatique est assurée par l'un ou l'autre des systèmes de régulation qui sont identiques et indépendants.

2- Dépressurisation en secours:

Un système automatique et manuel de dépressurisation en secours de la cabine permet à l'équipage de dépressuriser rapidement l'avion.

II-7-5- REGULATION DE LA TEMPERATURE DE LA CABINE ET DE POSTE DE PILOTAGE:

Ces compartiments sont divisés en deux zones régulées indépendamment en température. L'air de climatisation de ces compartiments est prélevé sur:

- Une source d'air froid située à la sortie de chaque groupe de conditionnement d'air
- Une source d'air chaud (tuyauterie d'air chaud en amont de chaque groupe alimentant un collecteur d'air chaud raccordé à la sortie du groupe).

L'air prélevé sur une source d'air chaude est régulé par une vanne de régulation de température commandée par un régulateur, en fonction de la température sélectionnée par l'équipage et par une vanne de dérivation d'air chaud commandée pneumatiquement par la vanne de régulation de température.

II-7-6-REGULATION DE LA TEMPERATURE:

Le système de régulation de la température consiste à:

- Réguler et limiter la température de l'air à la sortie du groupe de conditionnement d'air.

- Réguler et limiter la température de l'air envoyée dans les compartiments pressurisés.

II-7-7-SECURITE:

La pression et les variations de pression sont automatiquement maintenues dans les limites compatibles avec le confort des passagers.

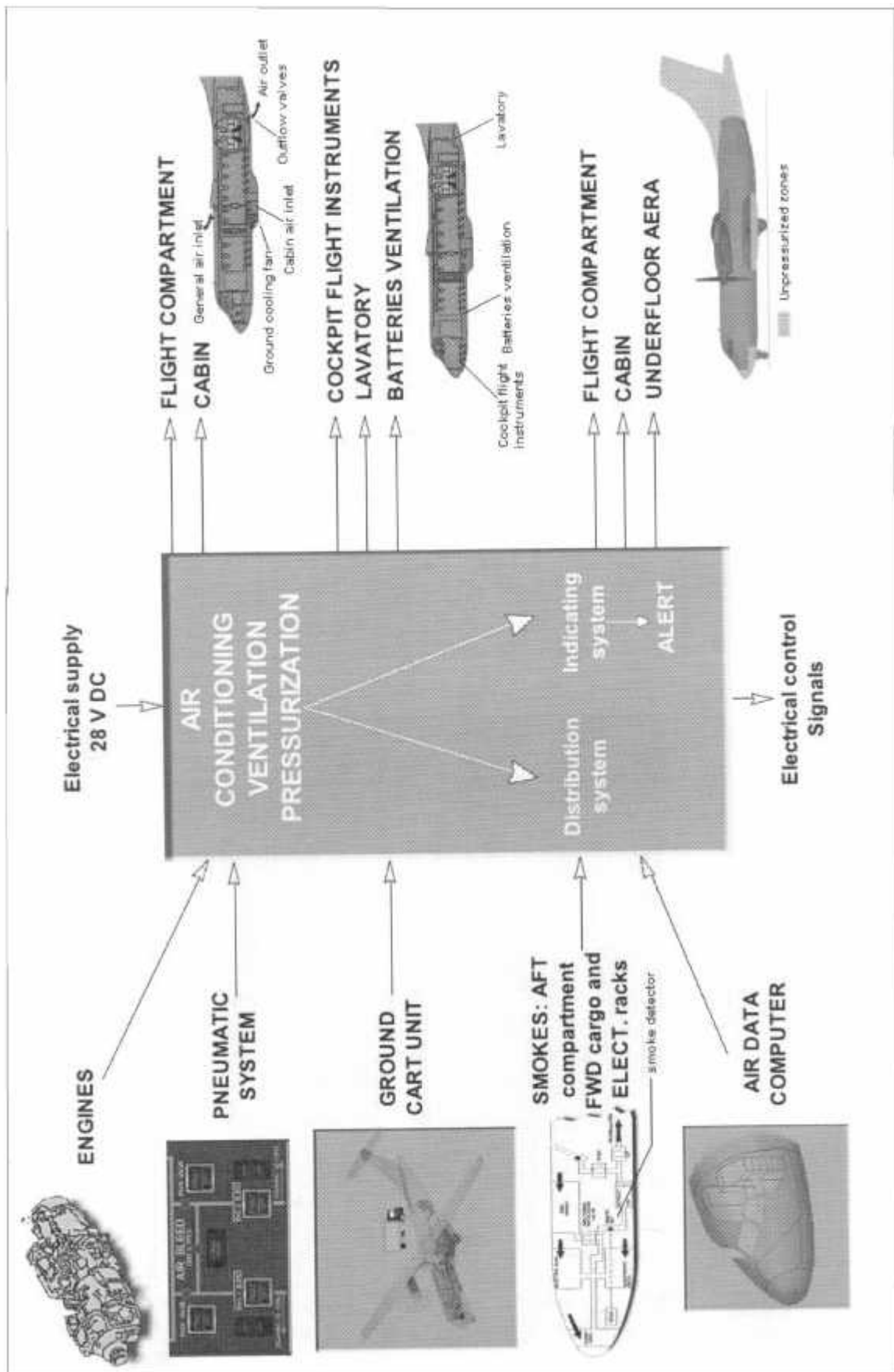


Figure II-2:le système de conditionnement d'air.

II-7-8-COMMANDE ET SIGNALISATION:

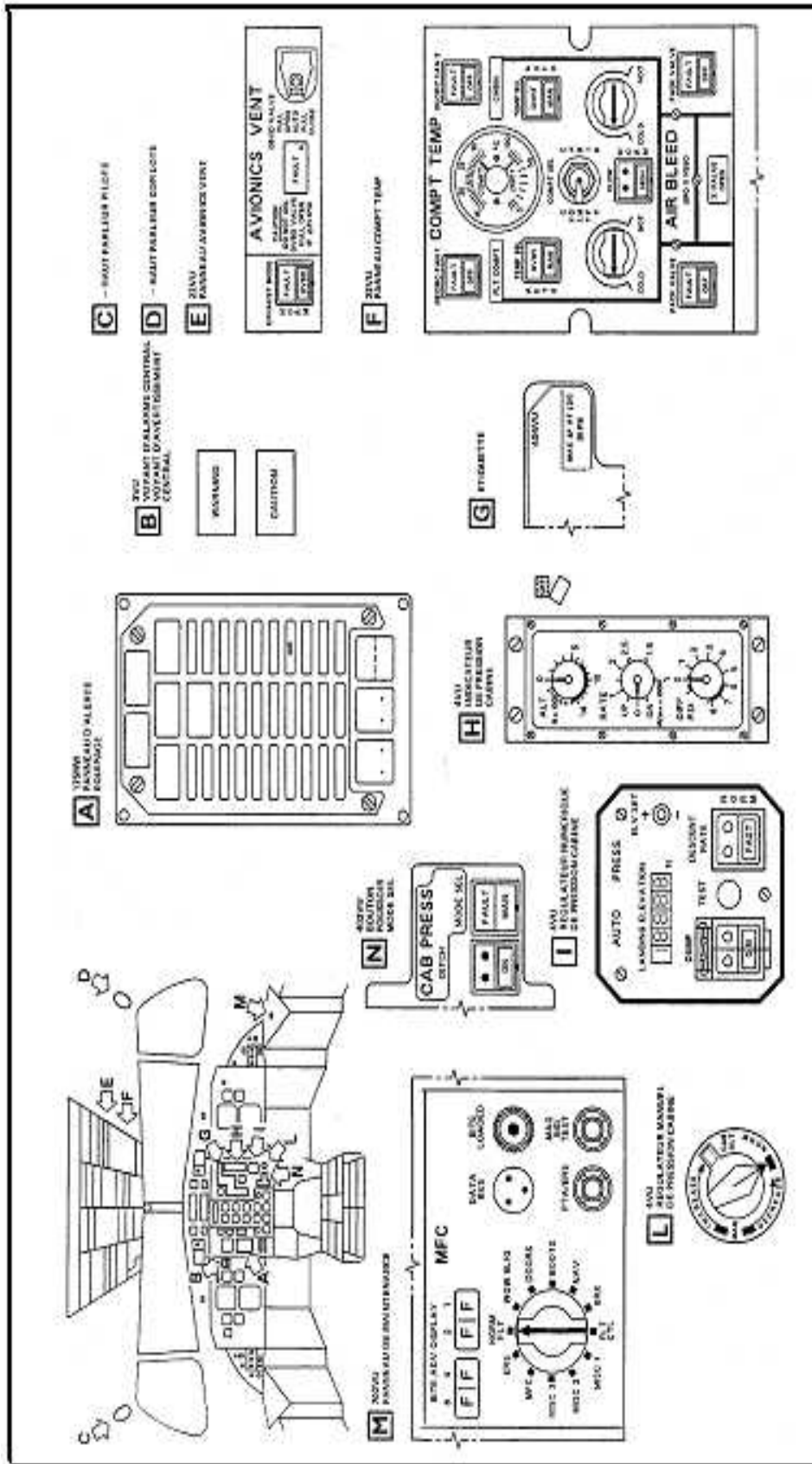


Figure II-3:commandes et indication.

II-7-9-FONCTIONNEMENT:

L'air conditionné ventilé la cabine et le poste de pilotage alors l'air est évacué et canalisé vers outflow valve, le cadre est déchargé puis-dessus le reste recyclé dans la cabine et le poste de pilotage et par un ventilateur de recirculation.

La pression d'air venant du moteurs (compresseurs) est contrôlée par une pack valve, avant d'entrer dans l'unité de conditionnement d'air . Il est alors pré-refroidi par un échangeur de chaleur et acheminés vers l'unité de conditionnement d'air. Le système de contrôle de temperature contrôle la température de l'air à la sortie de groupe de conditionnement et la pression dans les compartiments.

La température de l'air conditionné est obtenue par un mélange de l'air de:

- Une source d'air chaude en amont du conditionnement (des moteurs).
- Une source d'air froide de conditionnement (des échangeurs de chaleur).

Le contrôle de température est réglée indépendamment pour le poste de pilotage et la cabine.

Indépendamment les unites de conditionnement d'air (packs) sont situés dans chaque côté du train d'atterrissage (carénage).

Le système de refroidissement offre la régulation et le débit d'air refroidé du système pneumatique par un moyen de conditionnement d'air. Il fournit des zones de pression de l'avion avec frais et l'air conditionné. Le système de refroidissement d'air se compose de deux identiques de conditionnement d'air, chacun comprenant un système de régulation de débit, un groupe de réfrigération et un système de séparation d'eau.

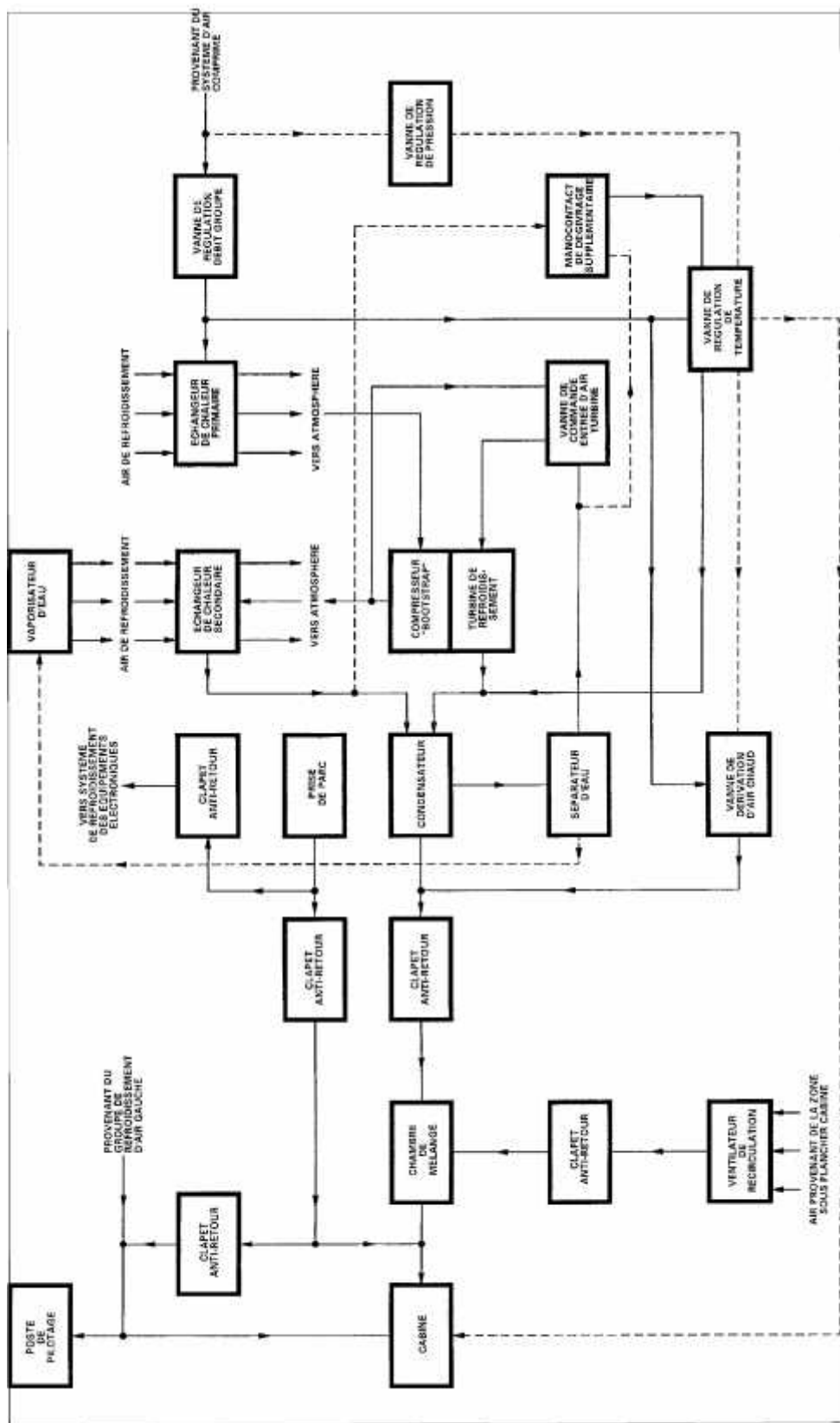


Figure II-4:diagramme de fonctionnement du système.

Chapitre III

ETUDE

TECHNOLOGIQUE

DES EQUIPEMENTS

III-1-:SYSTEME DE COMPRESSION:

L'air sous pression est piqué sur les compresseurs moteurs aux étages BP ou HP, le circuit de prélèvement d'air comprend tous les équipements conçus pour fournir de l'air aux divers systèmes, zones au moteur, et les commandes associés, ainsi que les indicateurs.

Le circuit fournit de l'air sous pression pour la climatisation, la pressurisation, et le dégivrage.

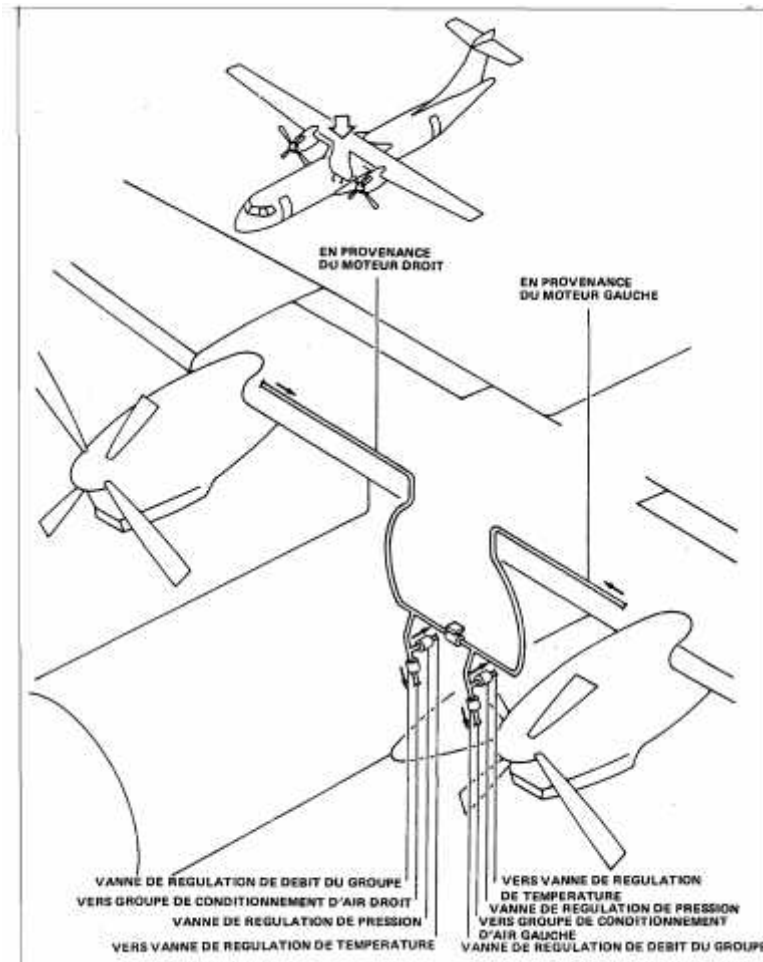


Figure III-1: le système de compression.

III-1-1-DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS:

III-1-1-1- Vanne de Régulation de Débit du Groupe:

1-description:

Cette valve est située sur la partie avant du capot de train d'atterrissage, elle règle, ou coupe l'écoulement de l'air du moteur au pack. Le solénoïde de

CHAPITRE III ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

fermeture de la valve est actionnés pneumatiquement, de type à papillon, avec un régulateur de pression variable.

Il existe deux pack valve, une dans chaque pack, actionnée pneumatiquement et commandée électriquement, règle la circulation et la pression de l'air.

Cette valve également travaille comme un robinet d'arrêt.

La valve se compose d'un:

- Haute régulateur de référence (30 PSI).
- Basse régulateur de référence (22 PSI).
- Shut-off valve solénoïde de reunion.
- Haut différentiel électrovanne de reunion.
- Actuator Assy
- Section d'écoulement.
- Commutateur de reunion d'un indicateur de position.

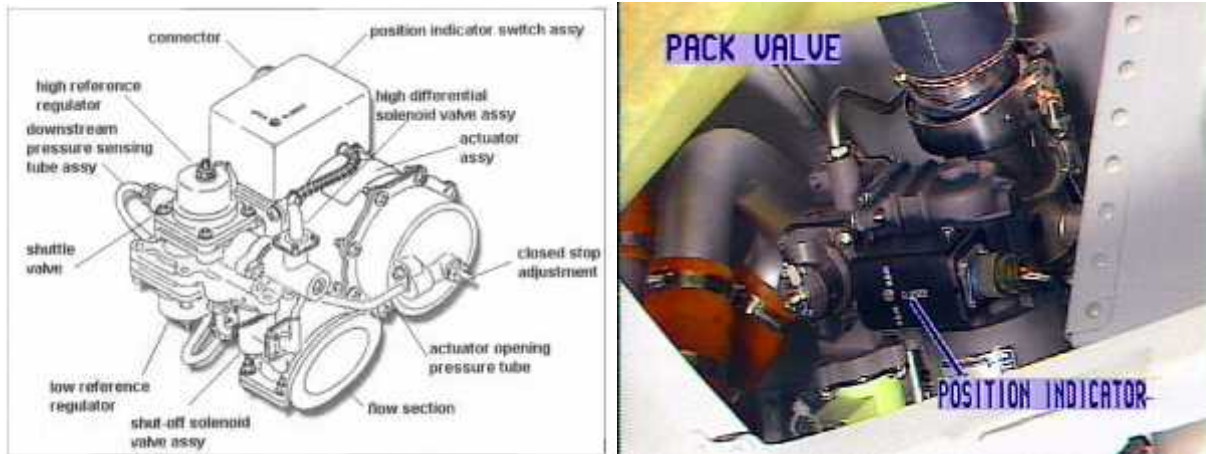


Figure III-2: la pack valve.

2-fonctionnement:

Lorsque le solénoïde d'isolement n'est pas alimenté, la vanne est fermée. Lorsque le solénoïde d'isolement et le solénoïde haute pression sont alimentés simultanément, la vanne s'ouvre et régule la pression de l'air à 30 ± 5 psi. Lorsque le solénoïde haute pression est seul à ne pas être alimenté, la vanne est encore ouverte mais régule la pression de l'air à 22 ± 5 psi.

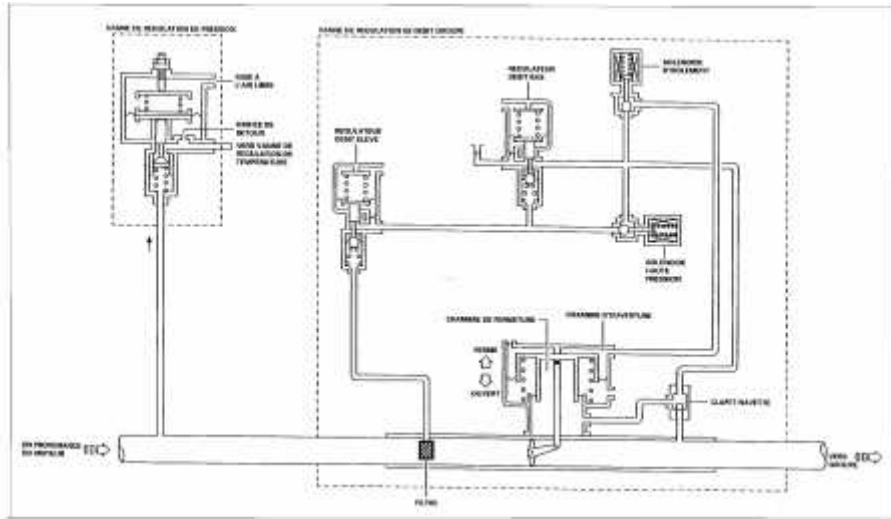


Figure III-3: opération de la pack valve.

II-1-1-2- Vanne de Régulation de Pression:

1- description:

La vanne de régulation de pression située dans le logement de train, est une vanne de régulation de pression différentielle actionnée pneumatiquement, du type à tulipe. Elle fournit une source constante d'air régulé à la vanne de régulation de température.

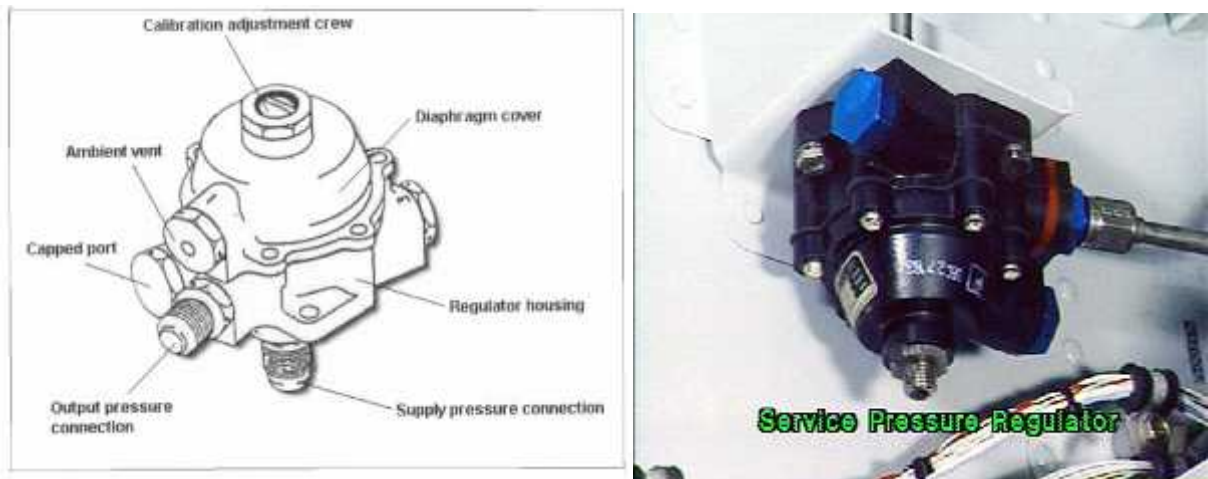


Figure III-4: la vanne de régulation de pression.

2- fonctionnement :

Lorsqu'une pression d'entrée provenant de la tuyauterie de prélèvement d'air est appliqué à l'équipement, la tulipe réagit en fonction de la pression de sortie et agit sur le diaphragme par l'orifice de retour et le ressort taré pour délivrer une pression d'alimentation régulée de 16.4 psi, à la vanne de régulation de température.

CHAPITRE III ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

II-1-1-3-Vanne d'Intercommunication:

La vanne d'intercommunication placée sur le conduit d'intercommunication est conçue pour connecter les circuits de prélèvement gauche et droit.

-Au sol, elle est toujours ouverte sauf lorsque les deux moteurs tournent et que le frein d'hélice est disengagé.

-En vol, la vanne d'intercommunication est normalement fermée.

C'est une vanne d'isolation pneumatique à commande électrique. Un ressort la maintient fermée en l'absence de signal électrique.

II-1-2-OPERATION:

L'air pressurisé destiné au système de conditionnement d'air est prélevé sur le compresseur BP et/ou HP de chaque moteur et envoyé sur deux groupes de réfrigération identiques et indépendants montés dans la partie avant du carénage de train. Chaque moteur alimente son groupe, par l'intermédiaire d'une vanne de régulation de pression et d'arrêt et par une vanne de régulation de pression qui fournit un signal de pression à la vanne de régulation de température. Les tuyauteries raccordant les moteurs aux groupes de réfrigération correspondants sont reliées par une vanne d'intercommunication, fermée en vol, et ouverte lorsque le moteur droit fonctionne en mode hétel.

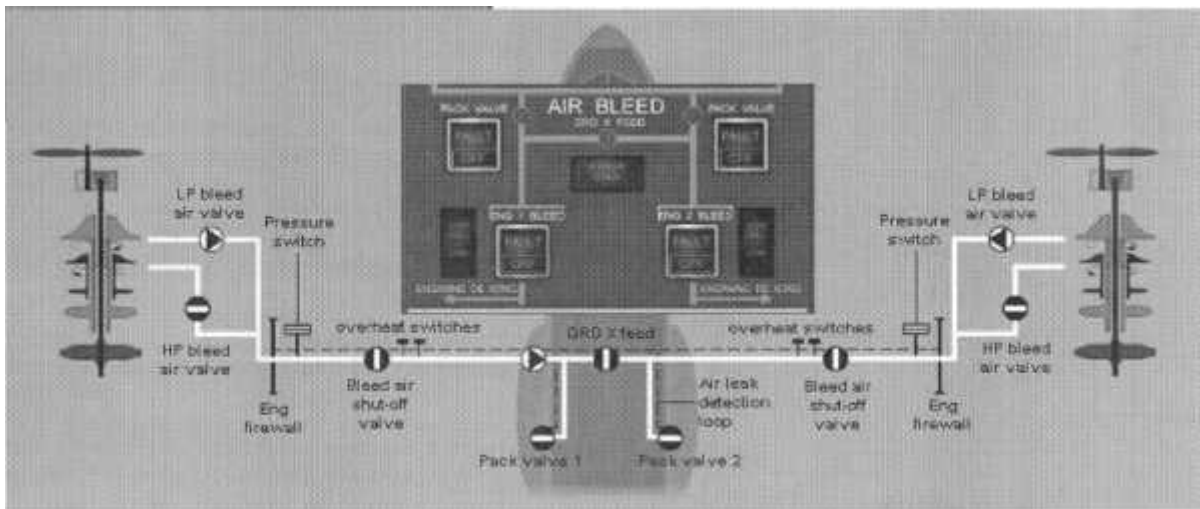


Figure III-5: fonctionnement de système de compression.

III-2-SYSTEME DE REFROIDISSEMENT:

Le système de refroidissement permet la régulation du débit et le refroidissement de l'air en provenance du système d'air comprimé par des groupes de conditionnement d'air afin d'alimenter les zones pressurisées de l'avion en air frais et conditionné .

Le système de refroidissement d'air est constitué de deux groupes de conditionnement d'air identiques, chacun comprenant un système de régulation de débit, un groupe de réfrigération et un système de séparation d'eau. L'air de refroidissement destiné au groupe de réfrigération est fourni par l'air dynamique

CHAPITRE III ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

en vol et par un turbo-ventilateur au sol ou en vol lorsque la vitesse est inférieure à 125 noeuds et le train est sorti.

La température de l'air alimentant les zones pressurisées de l'avion en air conditionné est régulée par le système de régulation de température.

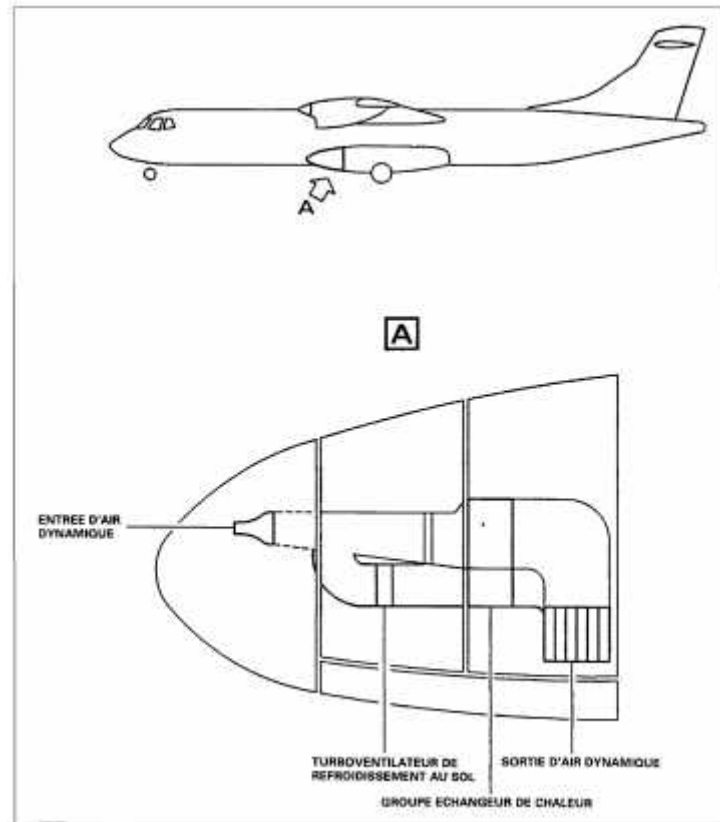


Figure III-6: système de refroidissement.

L'air de prélèvement pénètre dans le groupe en passant par la vanne de débit. Dans chaque groupe, l'air est refroidi par:

- Un turbo- refroidisseur/ventilateur équipé comprenant un compresseur et une turbine.
- Un échangeur de chaleur double primaire et secondaire.

Un ensemble de génération d'air de refroidissement comprenant:

- Une entrée d'air de refroidissement (air dynamique).
- Un turbo-ventilateur de refroidissement au sol faisant circuler l'air dans les échangeurs de chaleur.

La séparation de l'eau est réalisée par la séparation d'eau et l'injecteur d'eau qui pulvérise l'eau en provenance du séparateur dans l'entrée de l'échangeur de chaleur secondaire.

III-2-1-DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS:

III-2-1-1-groupe de conditionnement d'air:

Le groupe permet de refroidir l'air de prélèvement destiné au conditionnement de la cabine et du poste de pilotage. Le groupe est constitué de:

- Un échangeur de chaleur double.
- Un turbo- refroidisseur/ventilateur équipé.
- Un thermocontact de surchauffe.
- Un condenseur.
- Un séparateur d'eau.
- Un injecteur d'eau.
- Une vanne de commande entrée turbine.

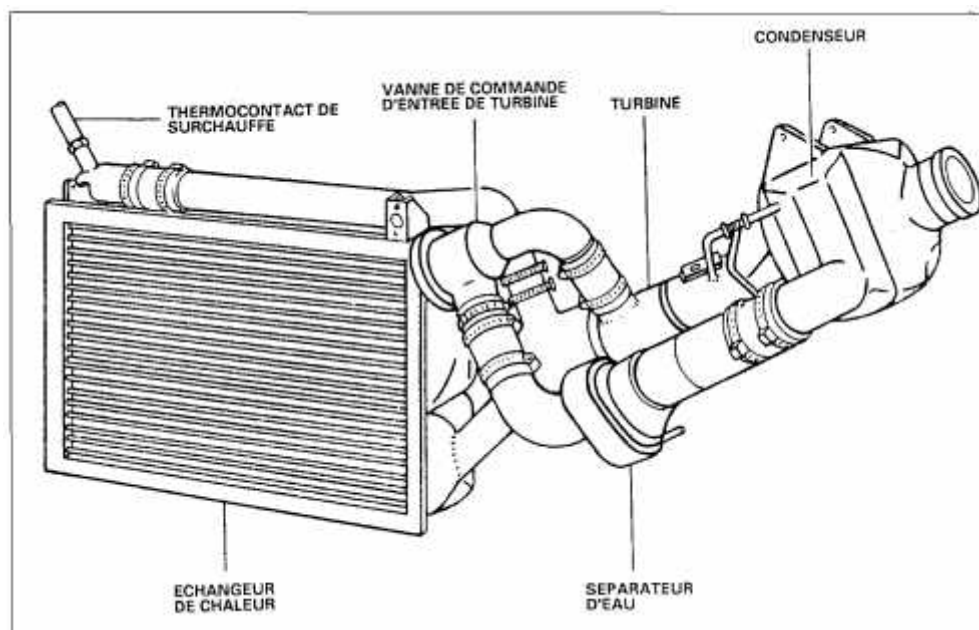


Figure III-7: les éléments de groupe de conditionnement d'air.

1-L'échangeur de chaleur:

L'échangeur de chaleur double est constitué d'un échangeur primaire et d'un échangeur secondaire. L'échangeur de chaleur primaire refroidit l'air prélevé sur le moteur tandis que l'échangeur de chaleur secondaire refroidit l'air comprimé dans le turbo- refroidisseur/ventilateur. Les deux échangeurs sont du type air/air.

2- Turbo- refroidisseur/ventilateur équipé:

Il comprend:

- Un compresseur.
- Une turbine de détente.

Le compresseur et la turbine formant l'ensemble tournant sont montés sur le même arbre supporté par des paliers à air.

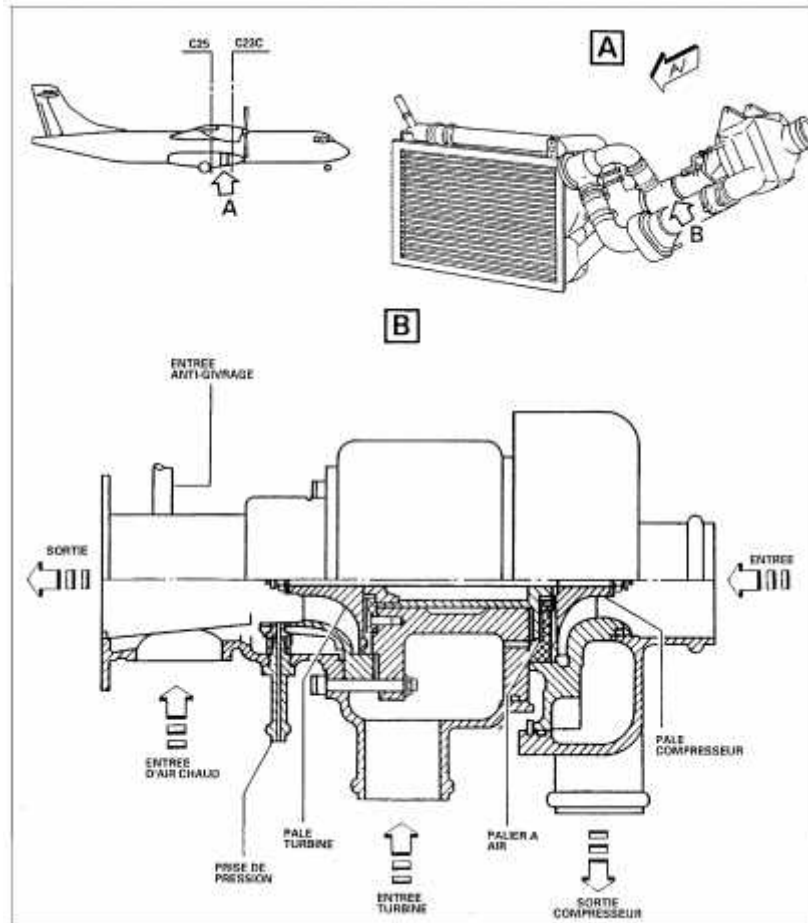


Figure III-8: le ventilateur.

3-Thermocontact de surchauffe:

Il est monté en aval du compresseur du turbo-refroidisseur. Si la température de l'air à la sortie du compresseur atteint $204.4 \pm 5,6^{\circ}\text{C}$, le thermocontact envoie un signal d'alarme au CCAS.

4- Condenseur:

Ce condenseur à ailettes, simple flux et écoulement transversal, utilise l'air réfrigéré de sortie de la turbine pour refroidir l'air de prélèvement à une température suffisamment basse pour permettre la condensation de l'humidité. Si la température du métal à l'intérieur de la matrice centrale chute au dessous de 0°C , les particules de glace contenues dans l'air de sortie de la turbine adhèrent à la surface, colmatent les orifices de passage de l'air et affectent ainsi les performances de l'échangeur de chaleur.

5-Séparateur d'eau:

Le séparateur d'eau élimine les particules d'eau condensées par le condenseur. Le séparateur d'eau monté en ligne, du type à tuyauterie intégrée comprend quatre pales d'hélice, brasées sur le moyeu central et sur le clapet interne de la tuyauterie et, en aval, un collecteur d'eau.

Le collecteur d'eau situé en aval comprend:

- Une bague de collecteur perforée.
- Un manchon extérieur.
- Un carter d'eau.
- Un déflecteur d'air.
- Des ailettes.
- Un orifice de drainage d'eau.
- Un orifice d'évacuation d'air.

Le collecteur est soudé et brasé séparément sur un sous-ensemble et soudé sur l'ensemble hélice-tuyauterie. L'eau récupérée est pulvérisée par un injecteur dans l'échangeur de chaleur secondaire.

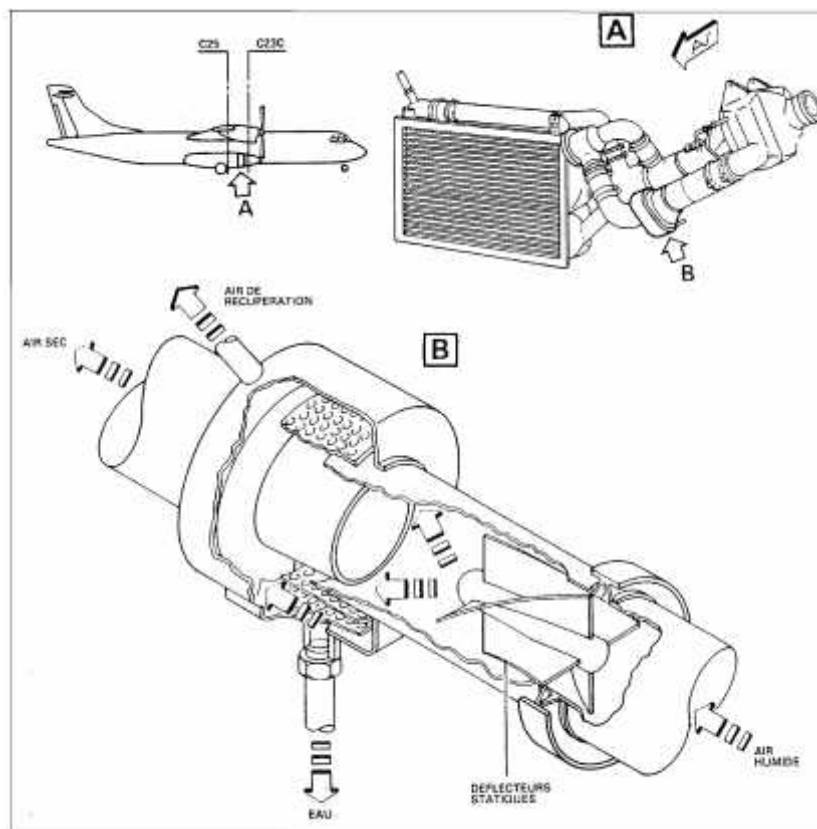


Figure III-9: le séparateur d'eau.

6-Injecteur d'eau:

Il est situé à l'entrée de l'échangeur de chaleur secondaire et pulvérise dans ce dernier l'eau récupérée du séparateur d'eau afin d'augmenter la capacité de refroidissement de l'échangeur de chaleur.

CHAPITRE III ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

III-2-1-2-manocontact de dégivrage supplémentaire:

Ce manocontact est situé dans le logement de train d'atterrissage avant. C'est un contacteur à pression différentielle connecté à la gaine de sortie du compresseur et à la gaine de sortie du séparateur d'eau. Le manocontact de dégivrage supplémentaire fonctionne lorsqu'une pression différentielle est détectée au niveau du condensateur (aval/amont). Lorsque cette logique de pression différentielle est active, la logique manuelle et automatique du système de conditionnement d'air est totalement surpassée (via les sondes de température d'air).

III-2-1-3-vanne de commande entrée turbine:

Cette vanne est installée près du turbo-refroidisseur/ventilateur équipé (ACM). Il s'agit d'une vanne de commande de température actionnée thermiquement. Le débit d'air du séparateur d'eau passe au-dessus de la sonde de température. La vanne commande la température d'entrée turbine spécifique sur une valeur prés sélectionnée. La commande de température est réalisée par une soupape champignon ouverte par un élément électrique permettant à l'air chaud de la sortie du compresseur de se mélanger à l'air froid du séparateur d'eau.

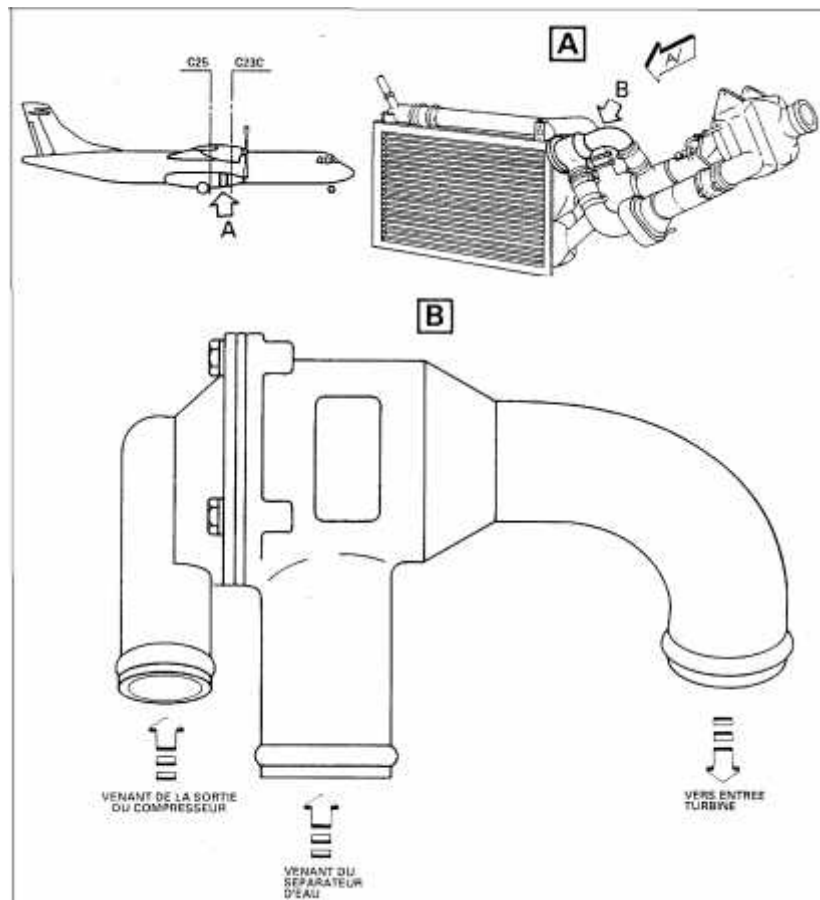


Figure III-10: la vanne de commande entrée turbine.

CHAPITRE III ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

III-2-1-4-turbo-ventilateur de refroidissement:

Ce turbo-ventilateur assure le refroidissement de l'air au sol ou en vol, lorsque la vitesse avion est inférieure à 125 KTS et le train sorti. Le ventilateur est activé par l'air de prélèvement. Il comprend un ventilateur axial avec une turbine à débit axial monté à la périphérie du ventilateur. L'air de prélèvement est envoyé à la turbine via huit tuyères, l'air sortant de la turbine est déchargé sur le rotor de sortie du ventilateur ou il se mélange avec l'air sortant du ventilateur.

III-2-1-5-clapet anti-retour d'air dynamique:

Le clapet anti-retour monté dans la tuyauterie d'entrée d'air dynamique empêche le reflux d'air lorsque le ventilateur de refroidissement au sol fonctionne. Le clapet est constitué de pétales en aluminium main tenus en position fermée par des ressorts.

III-2-1-6-manocontact du turbo-ventilateur de refroidissement au sol:

Ce manocontact est monté dans le conduit à l'aval de la vanne d'isolation du turboventilateur. Il envoie un signal de fermeture à la vanne de groupe en vol si la vanne d'isolation du turbo-ventilateur est ouverte. La logique MFC utilise ce manocontact pour fermer la vanne de groupe en vol si la vanne d'isolation du turbo-ventilateur est ouverte, lorsque:

- La vitesse avion est supérieure à 130 kts.
- La vitesse avion est inférieure à 130 kts et le train est rentré depuis au moins 10 minutes.

Ceci empêche l'utilisation accidentelle du turbo-ventilateur.

III-2-1-7-clapet anti-retour du turbo-ventilateur:

Le clapet est installé à l'aval du turbo-ventilateur. Il sert à empêcher le retour d'air pendant le vol lorsque les échangeurs de chaleur sont refroidis par l'air dynamique.

III-2-1-8-vanne d'isolation du turboventilateur:

Cette vanne est située dans le logement de train d'atterrissage avant. C'est une vanne commandée pneumatiquement par une commande à solénoïde et normalement fermée par un ressort. La vanne permet à l'air de prélèvement d'aller au turbo-ventilateur lorsque le solénoïde est ouvert en réponse à un signal envoyé dans le poste de pilotage.

III-2-2-FONCTIONNEMENT:

III-2-2-1-Fonctionnement Normal:

L'air provenant du groupe et des venturi limiteurs de débit pénètre dans l'échangeur de chaleur primaire ou il est refroidi. Puis l'air refroidi pénètre dans le compresseur du turbo-refroidisseur ou il est comprimé. Il est ensuite refroidi dans l'échangeur de chaleur secondaire, passe dans le condenseur haute pression du système de séparation d'eau et dans le séparateur d'eau ou l'eau condensée est éliminée et pulvérisée par l'injecteur d'eau dans la tuyauterie d'entrée d'air de refroidissement en amont de l'échangeur de chaleur secondaire. L'air se répand ensuite dans la turbine. L'air chaud traversant les échangeurs de chaleur est refroidi par l'air dynamique froid provenant d'une entrée d'air de refroidissement. L'air de refroidissement est ensuite évacué à l'extérieur par la sortie d'air de refroidissement.

Lorsque l'avion est au sol, ou en vol lorsque la vitesse de l'avion est inférieure à 125KTS et le train sorti, cette action est effectuée par l'intermédiaire du turbo-ventilateur de refroidissement au sol; il prélève de l'air froid de l'entrée d'air. Puis, l'air traverse le condenseur, le clapet anti-retour et pénètre dans la chambre de mélange où il est mélangé avec l'air de recirculation de la cabine et est distribué dans le poste de pilotage et la cabine.

III-2-2-2- Protection De Surchauffe:

La protection de surchauffe du turbo- refroidisseur/ventilateur est assurée par un thermocontact situé à la sortie du compresseur. Si la température de l'air en aval du compresseur atteint $204\pm 6^{\circ}$ C le thermocontact ferme la vanne de régulation de débit du groupe, ce qui coupe l'alimentation en air du groupe et envoie simultanément un signal d'avertissement au MFC. Lorsque la température atteint des valeurs normales, la vanne de régulation de débit du groupe s'ouvre pour alimenter le groupe de conditionnement d'air.

III-2-2-3- Fonctionnement du Dispositif de Dégivrage Supplémentaire:

Afin d'éviter une réduction du débit d'air cabine due à la formation de givre dans la roue de la turbine, qui peut se produire dans des cas de conditions d'humidité extrême ou à basse altitude, une vanne de commande d'entrée turbine est installée et connecte la sortie du compresseur et le séparateur d'eau à l'entrée de la turbine.

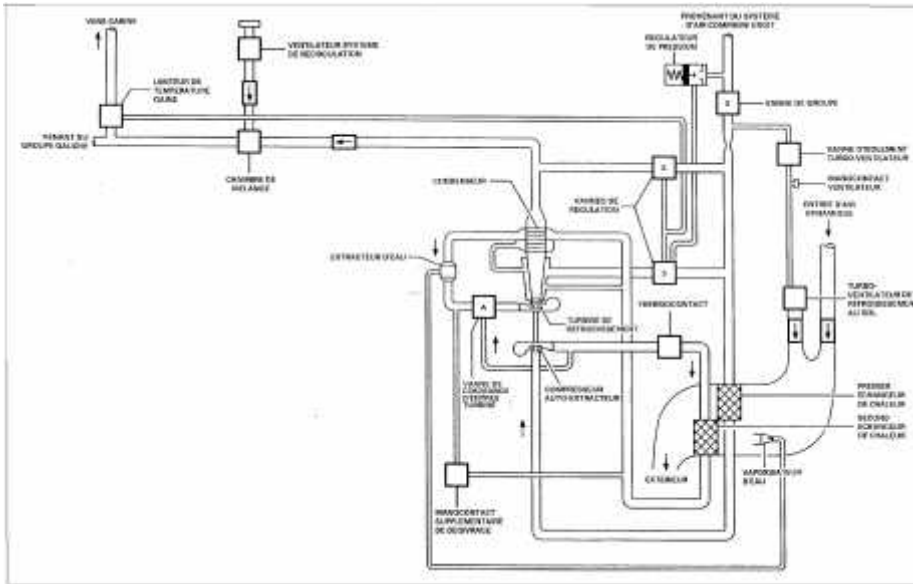


Figure III-11: dispositif de dégivrage supplémentaire.

III-3-REGULATION DE LA TEMPERATURE DE LA CABINE ET DU POSTE DE PILOTAGE:

Le système de régulation de la température permet de régler la température manuellement ou automatiquement dans le poste de pilotage et la cabine. Les compartiments de l'avion sont climatisés en mélangeant l'air du collecteur froid avec celle du collecteur chaud, en fonction de leur demande calorifique. Chaque compartiment est équipé d'un système de régulation de température manuel et automatique indépendant. La température ambiante varie de 15° C à 32.2° C.

III-3-1-DESCRIPTION DES EQUIPEMENT:

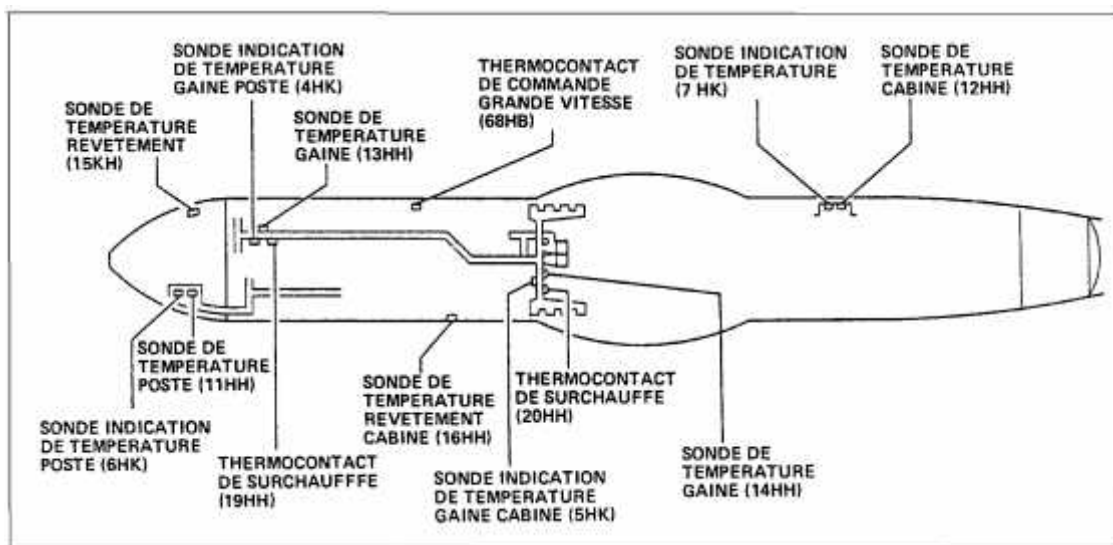


Figure III-12: système de régulation de la température.

CHAPITRE III ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

III-3-1-1- Sonde de Régulation de la Température de la Cabine et du Poste de Pilotage:

La sonde détecte la température ambiante des compartiments et transmet le signal électrique correspondant au régulateur de température.

Elle comporte essentiellement:

- Une thermistance en verre noyée dans un logement de résineé poxy.
- Une prise électrique.

La résistance de l'élément de détection varie en fonction de la température dans la zone concernée.

III-3-1-2- Sélecteur de Température:

Le sélecteur, monté sur le panneau de commande COMPT TEMP, permet à l'équipage de régler la température dans le poste de pilotage et dans la cabine en mode automatique (AUTO) ou manuel (MAN). Ce sélecteur est un potentiom double bobiné qui est relié électriquement au régulateur de température. En mode AUTO, le sélecteur permet de sélectionner une température cabine comprise entre 15.5° C et 32.3° C, pour une rotation complète de la commande. En mode MAN, le sélecteur commande directement la vanne de régulation de température dans le sens ouverture ou fermeture selon qu'il est placé en position COLD ou HOT.

III-3-1-3- Sonde Régulation de Température de Revêtement:

Cette sonde, fixée à l'intérieur du revêtement de l'avion dans le poste de pilotage et dans la cabine, transmet la température du revêtement de l'avion au régulateur de température. La sonde utilise un élément de détection de température se présentant sous forme d'une mince pellicule de nickel déposée sur un substrat en céramique. Cet ensemble est ensuite noyé dans un blocé poxy à haute conductivité thermique. Son signal électrique est proportionnel à la température du revêtement.

III-3-1-4- Vanne Modulable:

1- Description:

Cette vanne est montée dans le logement de train d'atterrissage sur la tuyauterie by-pass du groupe entre la vanne de régulation de débit du groupe et la tuyauterie en aval de la turbine de refroidissement. La vanne contrôle la quantité d'air prélevé sur le moteur qui est mélangée à l'air froid pour produire l'air de climatisation à une température correspondant aux exigences du système de régulation de la température. C'est une vanne d'arrêt et modulable de type papillon, elle est normalement fermée, actionnée pneumatiquement et contrôlée par un moteur couple.

2- Fonctionnement:

Le signal électrique envoyé au moteur couple augmentant par la rotation du sélecteur de température, le papillon se déplace pour élargir la plage d'admission de l'air et réduire la plage d'évacuation. Ce mouvement permet d'appliquer la pression sur la chambre d'ouverture. L'établissement de la pression surpasse la force du ressort de fermeture ce qui permet à la vanne de tendre vers la position ouverture. Ainsi la position de la vanne est directement fonction de la pression d'alimentation régulée et du courant d'entrée du moteur couple.

Un limiteur de température de gaine qui s'ouvre ou se ferme suivant les variations de température entraîne la modulation du papillon. Un indicateur visuel de position intégré à la vanne indique sa position.

III-3-1-5- Thermocontact de Surchauffe de Gaine:

Ce thermocontact est une sonde à thermistance en verre noyée dans un logement de résine époxy. Il est monté dans le système de distribution des gaines basse pression dans la zone sous plancher. Si la température de l'air dépasse $92 \pm 4^{\circ}\text{C}$ le thermocontact se ferme, la légende OVHT s'allume sur le bouton poussoir TEMP SEL de sélection de température et envoie un signal d'avertissement au CCAS.

III-3-1-6- Limiteur de Température de la Gaine:

Ce composant pneumatique monté sur la gaine en aval du groupe dans la zone pressurisée sous plancher agit sur la vanne de régulation de température. Pour éviter toute température excessive de l'air d'alimentation en provenance du groupe. Lorsque la température de l'air d'alimentation dépasse 88°C , le limiteur s'ouvre progressivement en fonction de l'augmentation de la température de l'air et ferme la vanne de régulation de température. Il permet de limiter la température maximale de l'air d'alimentation à 99°C .

III-3-1-7- Régulateur de Température:

Le régulateur est un boîtier de commande électronique alimenté en 28 V C.C commandé par le sélecteur de température associé au compartiment correspondant (cabine et poste de pilotage). Il régule la température en mode AUTO et MAN afin de maintenir le compartiment concerné à la température souhaitée: dans les limites de $\pm 1.6^{\circ}\text{C}$. Il est monté sur le meuble électronique du poste de pilotage et son circuit interne comporte:

- Un réseau d'alimentation.
- Un réseau en pont de l'interface de sonde.
- Un circuit de compensation dynamique.
- Un circuit d'amplification du signal de la sonde.
- Un circuit d'entraînement automatique de moteur couple.
- Un circuit d'entraînement manuel de moteur couple.

CHAPITRE III ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

III-3-1-8- Ventilateur de Sonde de Température:

Ce ventilateur électrique est monté dans la cabine entre le cadre 27 et le cadre 28, près des sondes température 12HH et 7HK. Il est destiné à améliorer la circulation de l'air dans les éléments de détection.

III-3-1-9- Vanne de Dérivation d'Air Chaud:

1- Description:

Cette vanne est montée dans la tuyauterie de dérivation d'air chaud ECU reliant la sortie de la capacité froide à la tuyauterie de prélèvement d'air dans la zone non pressurisée en aval de la vanne de régulation de débit du groupe. La vanne, asservie à la vanne modulable, régule l'écoulement de l'air chaud dans la tuyauterie d'arrivée poste de pilotage/cabine. Sa position normale est la position fermée, elle est actionnée pneumatiquement, est du type à régulation par papillon concave et a une fonction de robinet d'arrêt.

2- Fonctionnement:

Lorsque l'ouverture de la vanne modulable est inférieure à une valeur spécifique, le papillon de la vanne est maintenu en position fermée par la force du ressort et lorsque la vanne modulable est complètement ouverte, la vanne de dérivation d'air chaud est également complètement ouverte. La fonction d'arrêt est obtenue en déplaçant le papillon de la vanne dans la position fermée à l'aide du ressort de fermeture. Un indicateur visuel de position intégré à la vanne indique la position du papillon.

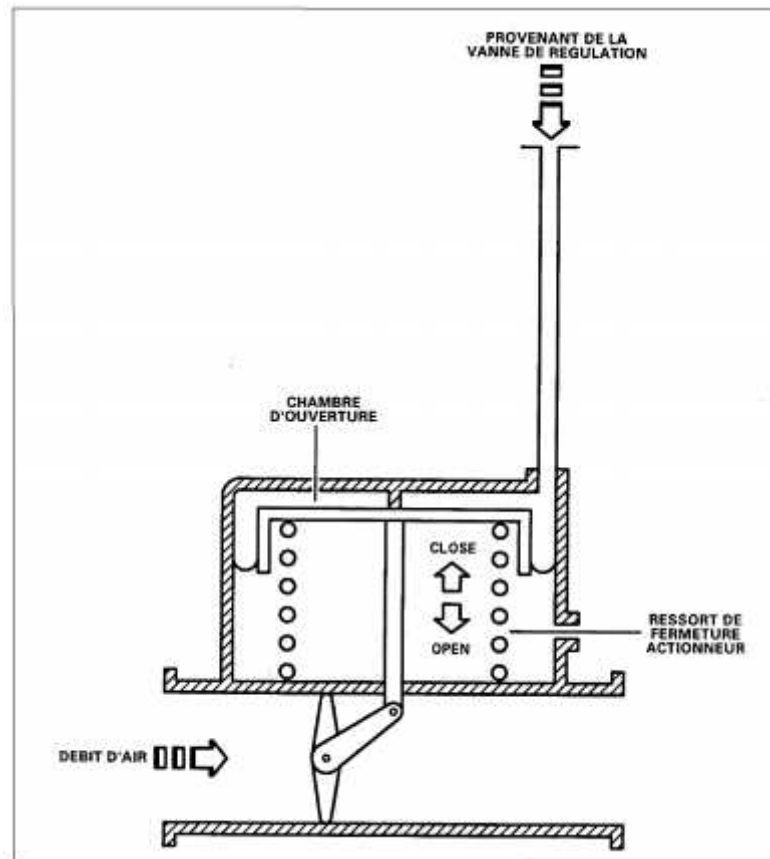


Figure III-13: la vanne de dérivation d'air chaud.

III-3-2-FONCTIONNEMENT:

La température de la cabine et du poste de pilotage est contrôlée par les membres de l'équipage. Ils sélectionnent la température voulue à l'aide des sélecteurs de température. Une température plus ou moins élevée est sélectionnée en fonction de la valeur lue sur l'indicateur COMPT TEMP pour le poste de pilotage, l'inverseur COMPT SEL étant en position FLT COMPT, et pour la cabine, l'inverseur COMPT SEL étant en position CABIN. La température ambiante sélectionnée peut être comprise entre 15.5° C et 32.2° C. Dans les compartiments la température est maintenue à la valeur sélectionnée par le régulateur de température dans les limites de $\pm 1.6^{\circ}$ C. Sur le panneau COMPT TEMP, un indicateur de la température de la gaine permet de surveiller en permanence la température dans les gaines d'alimentation de la cabine ou du poste de pilotage selon la position de l'inverseur COMPT SEL.

III-3-2-1- Commande Automatique:

Le signal généré par l'inverseur de température pour le poste de pilotage ou la cabine est transmis au système de régulation de température qui, en fonction du signalé mis par les sondes de température, délivre un signal de sortie transmis à la vanne de régulation de température qui s'ouvre ou se ferme. De plus, cette vanne commande la vanne de dérivation d'air chaud, asservie

pneumatiquement, qui commence à s'ouvrir à environ 50 % de l'ouverture de la vanne de modulation.

III-3-2-2- Commande Manuelle:

En cas de panne de la commande automatique, la température souhaitée est maintenue dans le poste de pilotage et dans la cabine en agissant directement sur la vanne modulable et par conséquent sur la vanne de dérivation d'air chaud à l'aide du bouton-poussoir correspondant TEMP SEL en position MAN et du sélecteur de température correspondant en position COLD ou HOT suivant le cas.

III-4- DISTRIBUTION D'AIR DANS LE POSTE DE PILOTAGE ET LA CABINE:

L'air conditionné ventile la cabine et le poste de pilotage. Il est ensuite évacué et canalisé dans le compartiment des soupapes de régulation de pression puis évacué à l'extérieur ou recyclé pour la cabine et le poste de pilotage par les ventilateurs de recirculation.

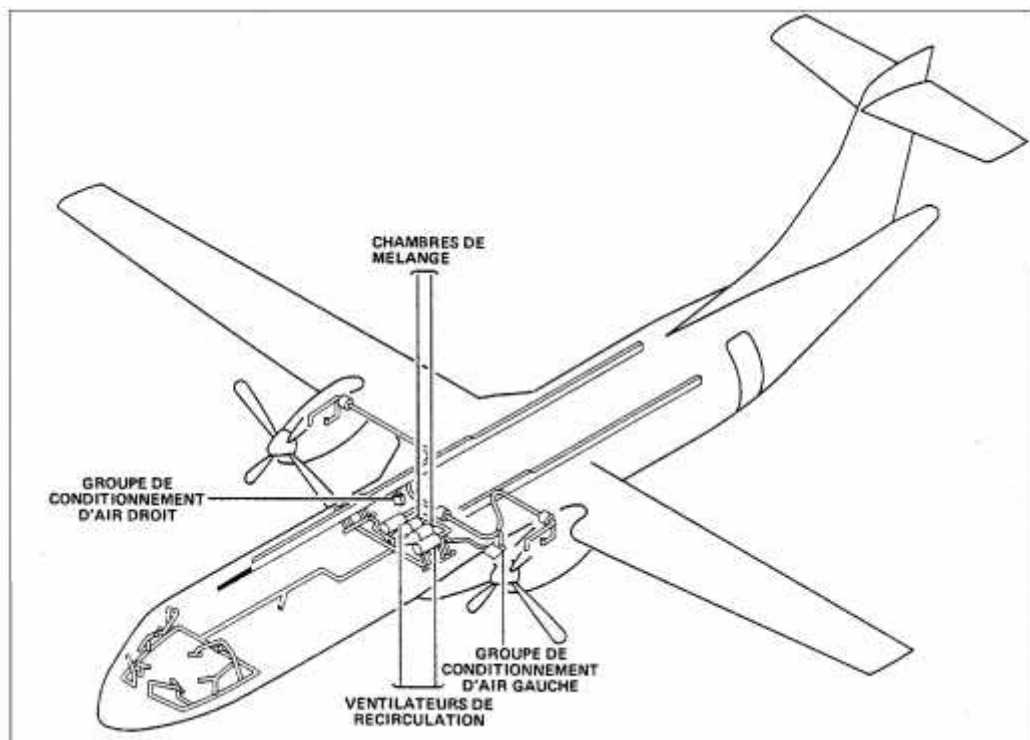


Figure III-14: système de distribution d'air.

III-4-1-DESCRIPTION:

III-4-1-1- Distribution:

1- Cabine:

Le système de distribution d'air conditionné de la cabine comporte:

- Une chambre de mélange qui reçoit l'air du groupe droit et du ventilateur de recirculation associé.
- Une gaine principale qui amène l'air conditionné dans la chambre de mélange vers deux tuyauteries de distribution.
- Des tuyauteries de distribution qui cheminent au-dessus des porte bagages.
- Une ouverture dans les panneaux latéraux inférieurs pour permettre l'évacuation de l'air conditionné dans la zone sous plancher.

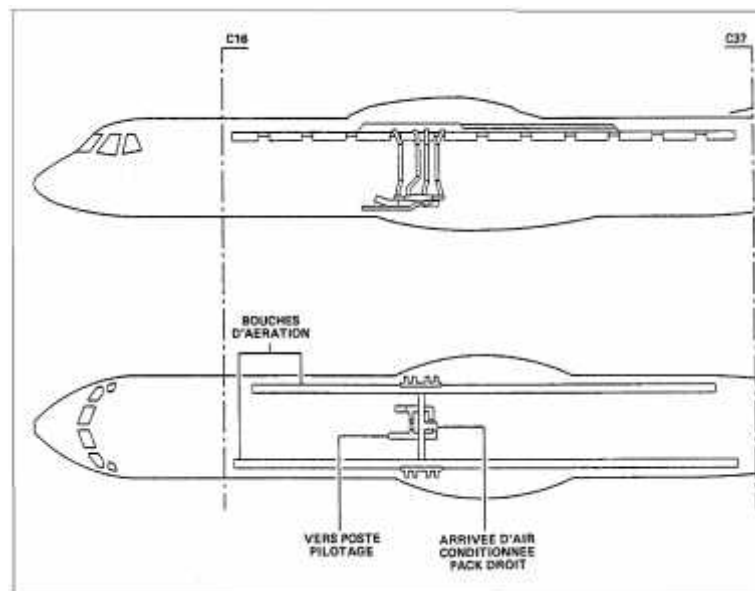


Figure III-15: distribution d'air dans la cabine.

2- Poste de pilotage:

Le système de distribution de l'air conditionné du poste de pilotage comporte:

- Une chambre de mélange qui reçoit l'air du groupe gauche et du ventilateur de recirculation associé.
- Une gaine principale qui amène l'air conditionné dans la chambre de mélange vers la tuyauterie d'alimentation principale du poste de pilotage.

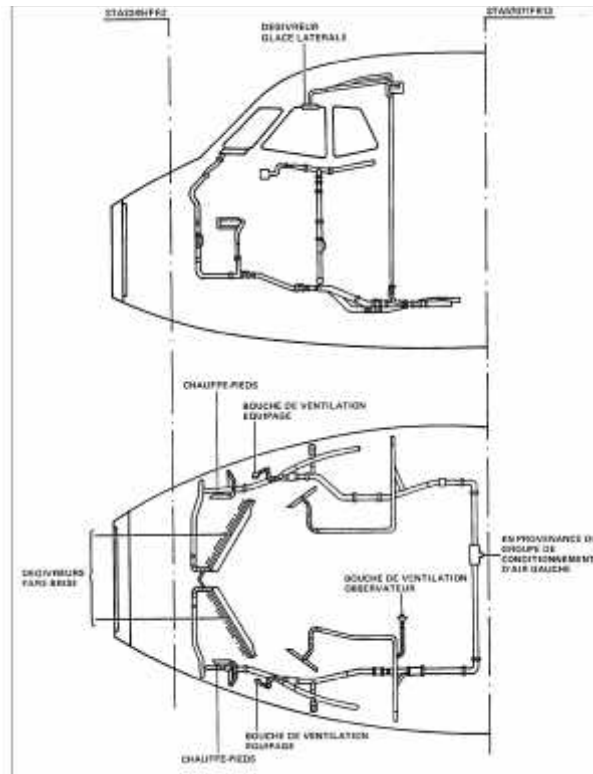


Figure III-16: distribution d'air dans le poste de pilotage.

III-4-1-2- Système de Recirculation:

Deux ventilateurs de recirculation, un par groupe, permettent la recirculation d'une certaine quantité d'air de la cabine et de l'ajouter ou de l'air frais en provenance du groupe.

III-4-2-DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS:

III-4-2-1-Clapet Anti-Retour:

Ce clapet, monté dans la tuyauterie située entre la zone pressurisée et la zone non pressurisée de l'avion, en aval du groupe de conditionnement d'air empêche l'air d'entrée évacué par cette tuyauterie en cas de défectuosité de la gaine du groupe. Il est du type à volets circulaires maintenus fermés par un ressort.

III-4-2-2- Ventilateur de Recirculation:

Deux ventilateurs sont montés sous le plancher de la cabine entre le cadre 23D et le cadre 24. Chacun d'eux recycle l'air en provenance de la zone sous plancher en le mélangeant de l'air frais en provenance du groupe. Le ventilateur est entraîné par un moteur électrique. La vitesse de rotation du ventilateur varie linéairement de 15.600 à 19.600 tours/minute. Il est équipé d'un système électronique de détection de vitesse alimentant un voyant et d'un système de protection en cas de grippage du moteur. Un clapet anti-retour est monté en aval du ventilateur empêche un débit d'air inverse lorsque le ventilateur est arrêté.

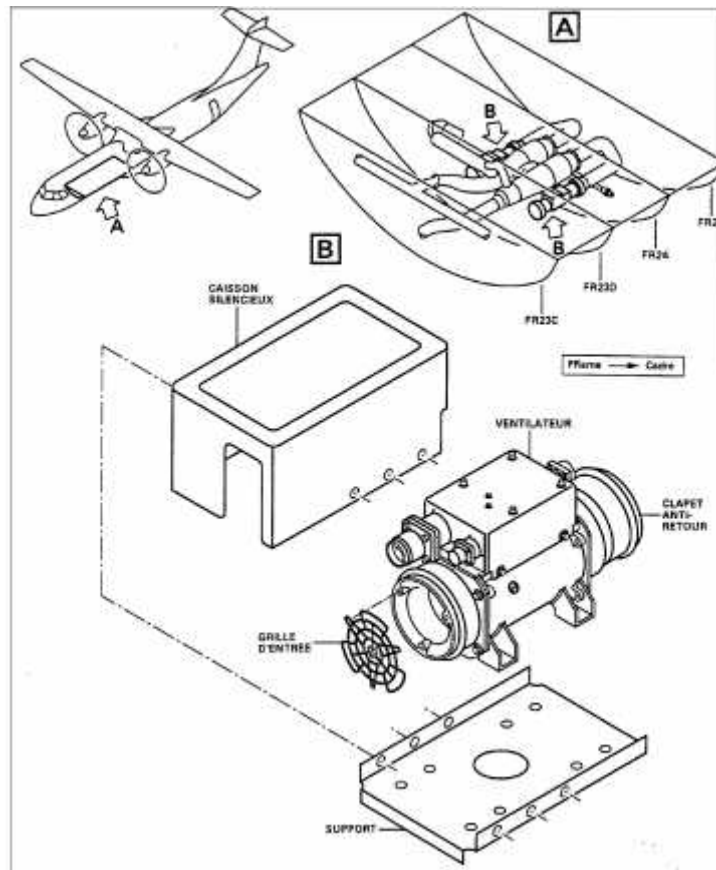


Figure III-17: le ventilateur de recirculation.

III-4-2-3- Thermocontact:

Ce thermocontact est installé sur le côté droit de la cabine entre cadre 23D et cadre 24. Il se situe entre les panneaux intérieurs et le revêtement externe au niveau du plancher. La fonction de ce thermocontact est d'envoyer un signal aux ventilateurs de recirculation de façon à faire fonctionner les ventilateurs à grande vitesse, lorsque la température dans la cabine au niveau du plancher descend en-dessous de $18 \pm 1^\circ \text{C}$.

III-4-2-4- Chambre de Mélange:

Elle est située à l'extrémité de chaque système de recirculation. Elle est constituée d'un boîtier qui permet le mélange de l'air frais en provenance des groupes et de l'air de recirculation.

III-4-2-5- Grille d'Entrée du Ventilateur de Recirculation:

Cette grille est située à l'entrée de chaque ventilateur de recirculation et empêche la pénétration d'objets qui pourraient endommager les pales du ventilateur.

III-5- VENTILATION INDIVIDUELLE:

Cette installation a pour but d'assurer la ventilation individuelle de la cabine passagers, de la zone hôteesse, de l'office, et du poste de pilotage.

III-5-1-DESCRIPTION DU SYSTEME:

L'installation comprend :

- Deux tuyauteries longeant le fuselage pour assurer la distribution d'air.
- XX bouches d'air, orientables et réglables en débit, disposées dans la cabine.
- Une bouche d'air installée sur le panneau plafond de la zone hôteesse.
- Une bouche d'air installée sur le panneau plafond de l'entrée.
- Deux bouches d'air orientables et réglables en débit à la disposition du pilote et du copilote.

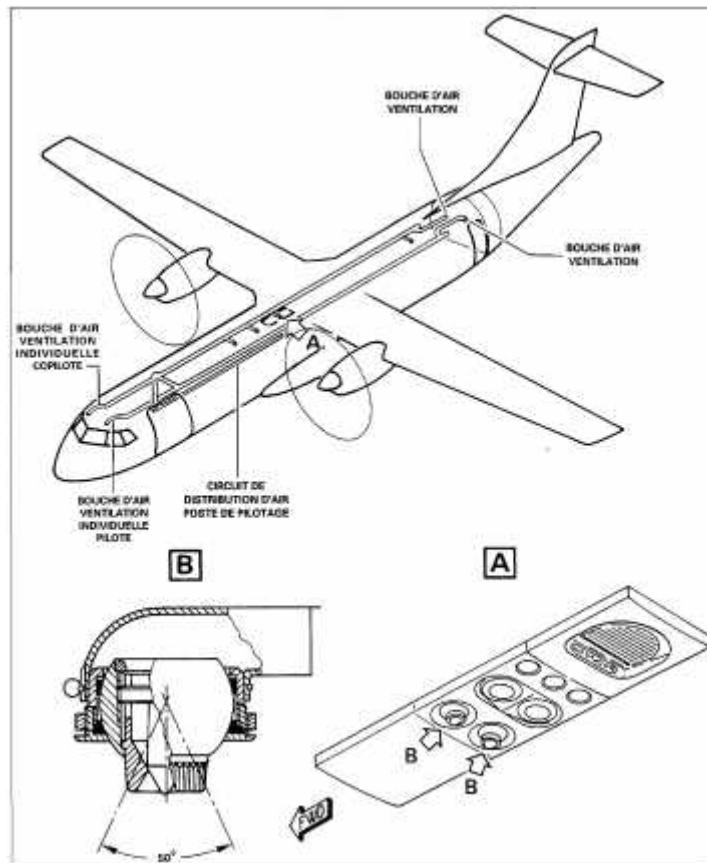


Figure III-18: système de ventilation individuelle.

III-5-2-MODULE D'AERATION:

Le circuit de distribution gauche ou droit est raccordé par des tuyauteries souples aux modules d'aération logés dans le compartiment de service à la disposition des passagers et de l'hôteesse. Chaque module comprend deux bouches d'aération individuelles, chacune étant orientable et réglable en débit.

Les bouches d'aération installées sur le panneau plafond de la zone hôte sont également raccordées aux conduits de distribution. Les deux bouches d'aération individuelle, placées au-dessus des glaces frontales gauche et droite, dans le poste, sont également raccordées au circuit de distribution.

III-6- VENTILATION TOILETTE:

La ventilation des toilettes est assurée à travers deux bouches d'air alimentées par un prélèvement d'air au niveau de la distribution cabine. La bouche d'air supérieure est réglable en orientation. Cet air est évacué par la cuvette des WC ; il est aspiré grâce à un venturi calibrant la fuite due à la pression différentielle entre la cabine et l'extérieur de l'avion. Une grille placée près du plafond permet l'extraction de l'air des toilettes vers un détecteur de fumée.

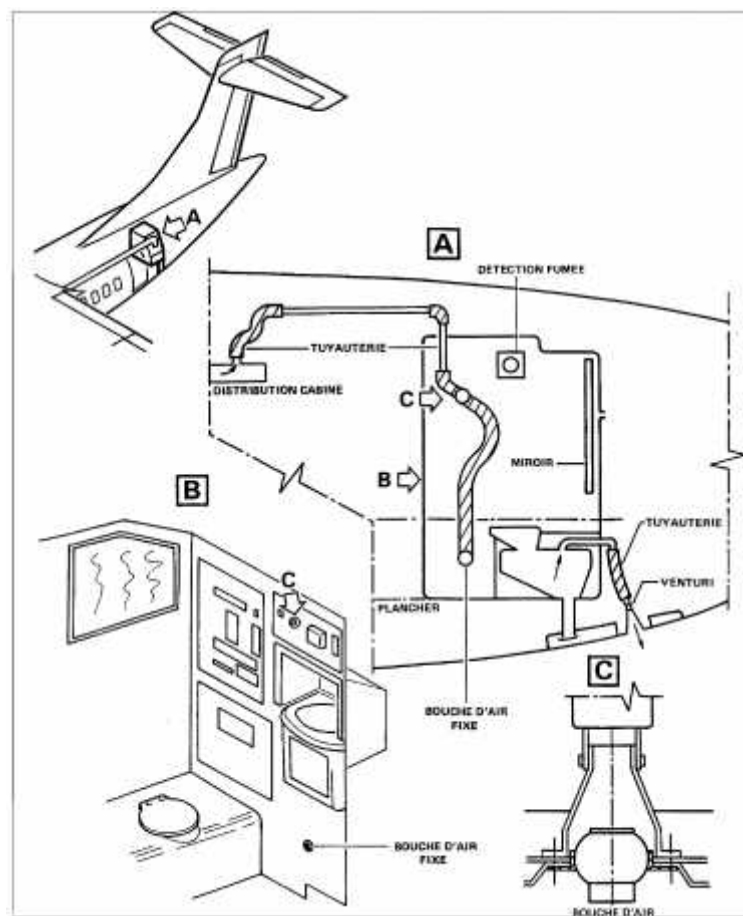


Figure III-19: système ventilation toilette.

III-7- EXTRACTION D'AIR DES MEUBLES ELECTRONIQUES E DE LA CABINE:

III-7-1-PRESENTATION DU SYSTEME:

L'extraction d'air des meubles électroniques et de la cabine se compose d'un ensemble de tuyauteries réparties depuis le nez de l'avion jusque sous le compartiment passager.

L'air est aspiré par un ventilateur à travers les différents compartiments (planches de bord, meubles électrique et électronique, etc...) et est ensuite évacué soit directement l'extérieur de l'avion, soit sous le plancher cabine vers le système de régulation de pression.

L'ensemble se divise en trois zones:

- Extraction
- Ventilation
- Evacuation

Des diaphragmes sont répartis dans les conduits d'extraction afin d'équilibrer les débits d'air en fonction des équipements.

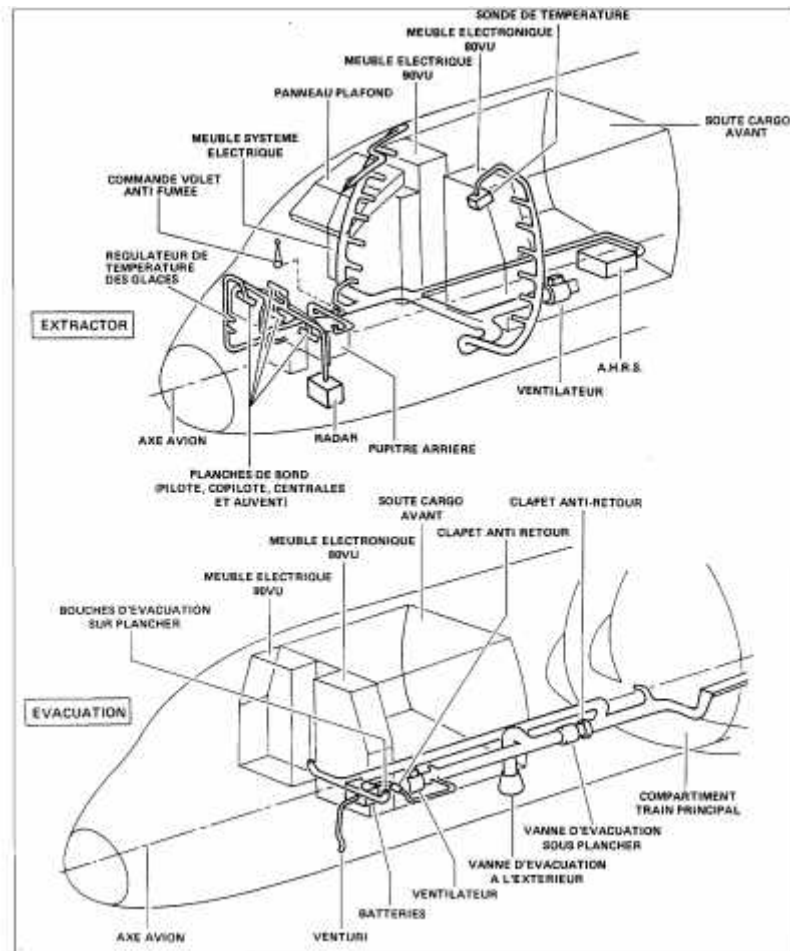


Figure III-20: extraction d'air.

CHAPITRE III ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

III-7-1-1- Extraction:

Dans le poste de pilotage, l'air conditionné fourni par le circuit de distribution pénètre derrière les planches de bord et traverse les équipements avant d' être aspiré par le circuit d'extraction d'air.

Cet air chemine sous le plancher droit du poste de pilotage et rejoint, via une vanne anti-fumée, l'air extrait des meubles électriques et électroniques.

La vanne anti-fumée permet d'isoler le poste de pilotage en cas d'émission de fumée. Elle est actionnée par le co-pilote a l'aide d'un levier placé sur le panneau 702VU.

III-7-1-2- Ventilation:

L'air chaud provenant de la zone d'extraction et du compartiment AHRS est aspiré par le ventilateur placé sous le plancher de la cabine avant.

Une partie de l'air est prélevée à la sortie du ventilateur pour assurer la ventilation du compartiment batteries situé à la base du meuble électronique.

En vol, en cas de panne du ventilateur, la mise en position intermédiaire de la vanne d'évacuation à l'extérieur permet d'assurer la ventilation.

III-7-1-3-Evacuation:

L'air est ensuite évacué:

- Avion au sol : directement à l'extérieur par la vanne d'évacuation à l'extérieur (position ouverte).
- Avion en vol : . soit sous le plancher cabine et vers la soute par la vanne d'évacuation sous plancher. Soit à l'extérieur par la vanne d'évacuation à l'extérieur (position intermédiaire) en cas de panne du ventilateur.

Un clapet anti- retour situé sur la tuyauterie d'évacuation, en aval de la vanne d'évacuation sous plancher, évite un débit d'air provenant de la cabine au détriment des meubles électriques lorsque la vanne d'évacuation à l'extérieur est mise en position intermédiaire.

III-7-2-DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS:

L'installation d'extraction d'air comprend essentiellement les équipements suivants:

III-7-2-1- Ventilateur d'Extraction d'Air:

Fonction: Assurer l'extraction de l'air de ventilation.

Description: Ventilateur à courant continu.

Tension: 28VDC.

Le ventilateur comprend un système de contrôle de vitesse de rotation relié à une sonde de température ambiante. Le débit d'air extrait est ainsi adapté à la température ambiante du poste de pilotage. Cet équipement possède un détecteur de vitesse insuffisante, signalant une panne du ventilateur ou une coupure de l'alimentation électrique, et une sonde de surchauffe, signalant une

CHAPITRE III ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

surchauffe interne due à une panne du ventilateur ou au fonctionnement avec la vanne d'évacuation d'air à l'extérieur et la vanne d'évacuation d'air sous plancher en position fermée.

Le fonctionnement du ventilateur est inhibé pendant la phase d'allumage des moteurs et au cours des 120 secondes qui suivent.

En outre, l'alimentation électrique du ventilateur est automatiquement coupée (sans alarme FAULT EXHAUST MODE) lors d'une détection de fumée dans la soute cargo arrière ou dans le module toilette.

III-7-2-2- Sonde de Température Ambiante:

Fonction: Transmettre au système de contrôle de vitesse du ventilateur un signal électrique fonction de la température ambiante du poste de pilotage.

Cette sonde est installée dans le bloc sondes du poste de pilotage qui comprend également les sondes de régulation de température.

III-7-2-3-Vanne d'Evacuation d'Air à l'Extérieur:

1-Description:

Vanne à soupape commandée électriquement: alimentation 28 VDC. Elle possède trois positions stables: ouverte, intermédiaire et fermée (soupape affleurante à la peau de l'avion). Ces positions sont déterminées par trois contacts de fin de course.

2- Fonction:

En fonctionnement normal, elle peut être placée dans les positions suivantes:

- Au sol : position ouverte (évacuation d'air à l'extérieur).
- En vol : position fermée (évacuation d'air par la vanne sous plancher).

En vol, lors de la sélection de la fonction OVBD (bouton poussoir 12HR relâché) elle est placée en position intermédiaire assurant ainsi l'extraction de l'air .

Son ouverture ou sa fermeture peut se faire manuellement de l'extérieur de l'avion en cas de panne du moteur électrique.

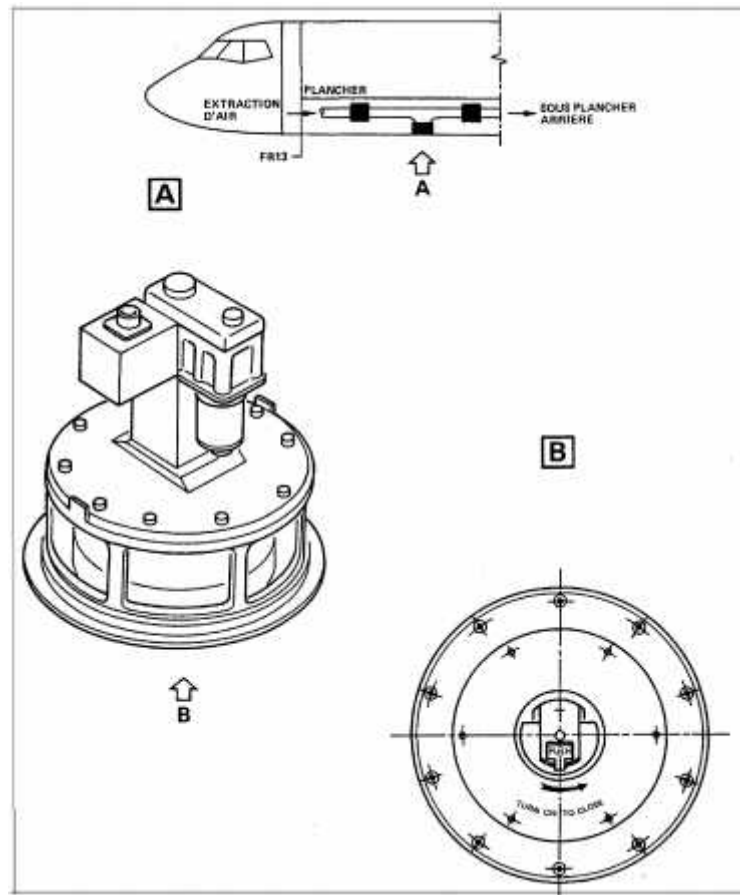


Figure III-21: vanne d'évacuation d'air à l'extérieur.

III-7-2-4-Vanne d'Evacuation d'Air Sous Plancher:

1- Description:

alimentation : 28VDC

Vanne à papillon commandée électriquement. Elle possède deux positions stables (ouverte et fermée) déterminées par deux contacts de fin de course.

2- Fonction:

Permet, en vol, l'évacuation de l'air de ventilation:

- Sous le plancher cabine vers les vannes de régulation de pression.
- Dans la soute avant.

II-8-VENTILATION BATTERIE:

Le circuit de ventilation des deux batteries assure l'évacuation à l'extérieur de l'avion des émanations gazeuses produites et le refroidissement.

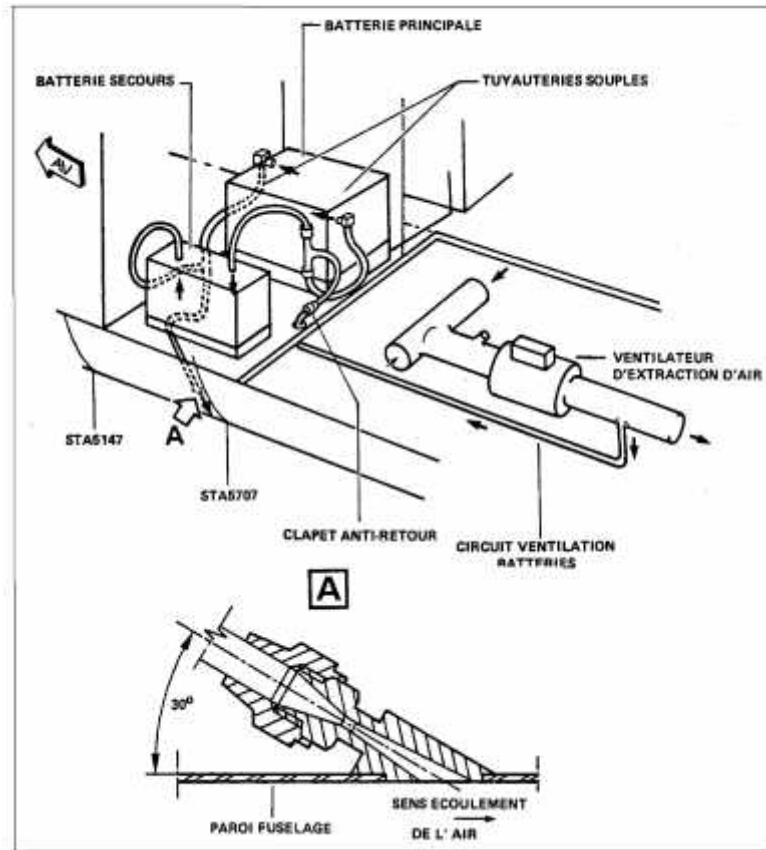


Figure III-22: ventilation batteries.

Chaque batterie est placée dans un bac se trouvant selon version :

- Soit les deux dans le meuble électronique G.
- Soit l'un dans le meuble électronique G et l'autre sous le plancher de la soute avant.

L'air qui ventile la partie supérieure de chaque batterie est prélevé à la sortie du ventilateur du système d'extraction d'air et évacué à l'extérieur de l'avion.

Le circuit est constitué de tuyauteries souples (dont le matériau ne permet pas la mise à la masse de la batterie).

Sur le circuit d'alimentation est placé un clapet anti-retour qui isole le circuit d'extraction d'air de toutes émanations.

Un venturi placé à l'extrémité du circuit d'évacuation permet de limiter le débit de ventilation en vol. La tuyauterie en amont du clapet anti-retour est en alliage léger. Les tuyauteries en aval du clapet anti-retour ainsi que le venturi sont en inox.

III-9-SYSTEME DE PRESSURISATION:

III-9-1- REGULATION DE LA PRESSION:

Le système de régulation de la pression de la cabine contrôle la pression régnant dans les compartiments pressurisés afin d'assurer un maximum de confort aux passagers et à l'équipage, dans les limites imposées pour la sécurité.

La régulation est obtenue en contrôlant la quantité d'air conditionné évacuée des compartiments pressurisés vers l'extérieur.

Le système assure la régulation de la pression et la sécurité de la pression dans les compartiments pressurisés.

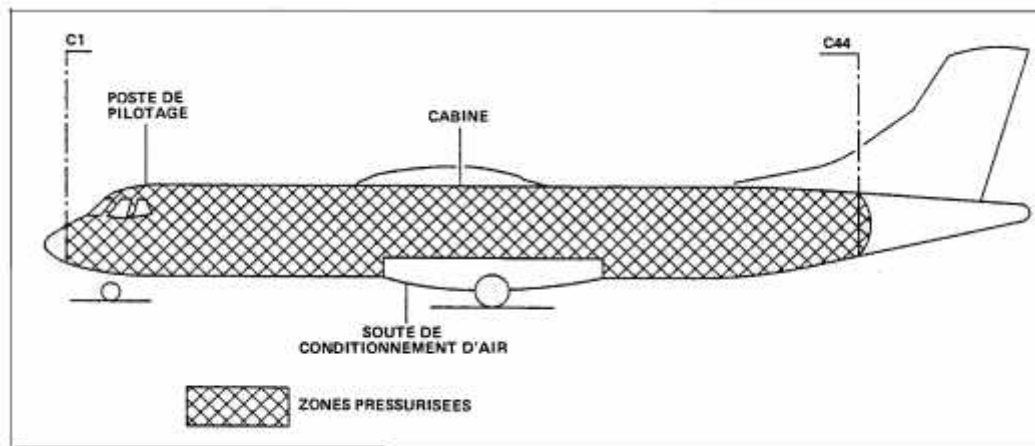


Figure III-23: les zones pressurisées dans l'avion.

III-9-2- COMMANDE ET SURVEILLANCE DE LA PRESSION DE LA CABINE:

La pression de la cabine est régulée par deux systèmes de régulation indépendants:

- Un sous-système électropneumatique numérique ou mode automatique (AUTO).
- Un sous-système pneumatique ou mode manuel (MAN).

Lorsque l'un des systèmes fonctionne, l'autre est en attente.

III-9-2-1-Description Du Systeme:

Chaque système, lorsqu'il fonctionne, permet d'évacuer l'air climatisé des compartiments pressurisés par les soupapes de régulation de pression.

Le système de commande et de surveillance de pression de la cabine comprend les composants suivants:

- Un régulateur numérique.
- Une trompe à air.
- Une soupape de régulation de pression électropneumatique.
- Une soupape de régulation de pression pneumatique.
- Un filtre d'air cabine.

- Deux clapets anti-retour.
- Un régulateur manuel.

En mode AUTO (système automatique), la pression est réglée par le régulateur numérique qui actionne la soupape de régulation de pression électropneumatique qui à son tour, commande l'ouverture de la soupape de pression pneumatique.

En mode MAN (système manuel), la pression de la cabine est réglée par le régulateur manuel qui actionne la soupape de régulation de pression pneumatique tandis que la soupape de régulation de pression électropneumatique reste fermée.

III-9-2-2-Description Des Equipements:

1- Régulateur Numérique de Pression Cabine :

Il est situé sur la planche de bord centrale et comporte trois modules enfichables :

- Un module constitué essentiellement de l'alimentation électrique, de la sortie puissance et des circuits auxiliaires.
- Un module comportant tous les circuits d'entrée (y compris le capteur de pression) et tous les circuits de sortie.
- Un module comportant l'unité centrale de commande.

En mode AUTO, le régulateur numérique actionne la soupape de régulation de pression électropneumatique et fournit les informations suivantes :

- Altitude avion (à partir de l'ADC).
- Altitude du train d'atterrissage (sélectionnée par le bouton ELV SET).
- Altitude de décollage (par enregistrement de l'altitude du dernier atterrissage).
- Altitude pression cabine (à l'aide d'un capteur de pression dans le régulateur numérique).

2- Trompe à Air:

La trompe crée une pression négative qui est appliquée au moteur couple de la soupape de régulation de pression électropneumatique et au boîtier relais pneumatique de la soupape de régulation pneumatique.

La trompe à air, alimentée par l'air directement prélevé sur les moteurs, permet de faire fonctionner le système de pressurisation au sol et dans tous les domaines de vol. La trompe à air permet l'ouverture complète des soupapes au sol.

3- Soupape de Régulation de Pression Electropneumatique:

• Description:

Cette soupape, montée sous le plancher cabine entre les cadres 36 et 38, a les fonctions suivantes:

- Commande l'évacuation de l'air de la cabine.
- Limite la pression différentielle normale de la cabine.

CHAPITRE III ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

- Assure la sécurité de pression négative de la cabine.

La soupape est directement commandée par le régulateur numérique lorsque le système fonctionne en mode AUTO : dans ce cas la soupape commande également l'ouverture de la soupape de régulation pneumatique.

La soupape comprend un dispositif électrique d'atterrissage forcé qui, sur commande, ferme la soupape avant l'atterrissage.

• Fonctionnement:

A-Régulation de pression normale:

La régulation de pression normale est réalisée électropneumatiquement par un moteur couple qui actionne un secteur lorsqu'un signal électrique de commande est transmis par le régulateur numérique.

Si le courant est faible ou nul, le secteur obture l'orifice de basse pression, l'orifice de basse pression cabine est ouvert et la soupape reste fermée.

Si le courant électrique augmente, le secteur obture l'orifice de pression cabine, l'orifice de basse pression est ouvert et la soupape s'ouvre; la soupape de régulation pneumatique s'ouvre simultanément.

B- Pression différentielle constante:

Une capsule manométrique permet de détecter la pression différentielle cabine. Lorsque cette pression est trop élevée, la capsule déclenche l'ouverture de la soupape afin de maintenir la pression différentielle à 6.35 ± 1 psi.

C- Limite de la pression différentielle négative maximale:

La pression extérieure supérieure à la pression de la cabine agit sur le diaphragme de pression négative ce qui provoque l'ouverture de la soupape et permet de maintenir la pression différentielle négative à une valeur inférieure ou égale -0.5 psi.

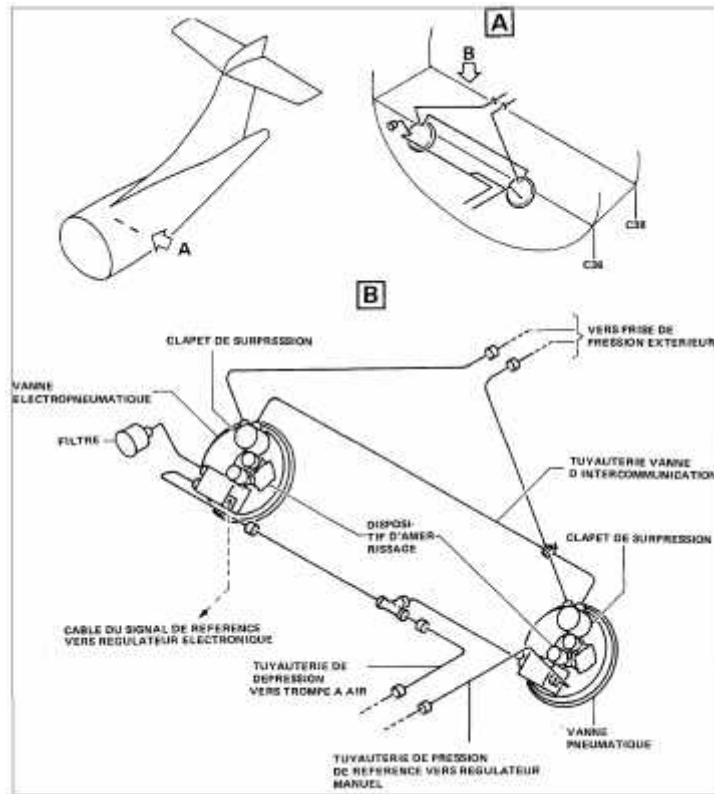


Figure III-24: soupape de regulation de pression électropneumatique.

-Vanne de Débit Pneumatique de Régulation de Pression Cabine:

◆ Description:

Cette vanne, montée sous le plancher de la cabine entre les cadres 36 et 38, a les fonctions suivantes:

- Commande l'évacuation de l'air de la cabine.
- Limite la pression différentielle normale de la cabine.
- Assure la sécurité de pression négative.

La vanne est directement commandée par le régulateur manuel lorsque le système fonctionne en mode MAN.

La vanne pneumatique est commandée par la soupape électropneumatique lorsque le système fonctionne en mode AUTO.

La vanne comprend un dispositif électrique d'atterrissage forcé qui, sur commande, ferme la vanne avant l'atterrissage.

◆ Fonctionnement:

A- Régulation de la pression normale:

La régulation de pression normale est effectuée pneumatiquement au moyen d'un boîtier de relais pneumatique qui reçoit la pression de référence à partir du bouton de commande du régulateur manuel.

CHAPITRE III ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

Le relais pneumatique, sur l'ordre du régulateur manuel (variation de la pression de référence), entraine l'ouverture de la soupape pour assurer la régulation de pression de la cabine.

B- Pression différentielle constante:

Une capsule manométrique détecte la pression différentielle cabine. Lorsque cette pression est trop élevée, la capsule déclenche l'ouverture de la soupape afin de maintenir la pression différentielle à 6.35 ± 1 psi.

C- Limitation de la pression différentielle négative maximale:

La pression extérieure, supérieure à la pression cabine, agit sur le diaphragme de pression négative qui provoque l'ouverture de la soupape, afin de maintenir la pression différentielle négative à une valeur inférieure ou égale à -0.5 psi.

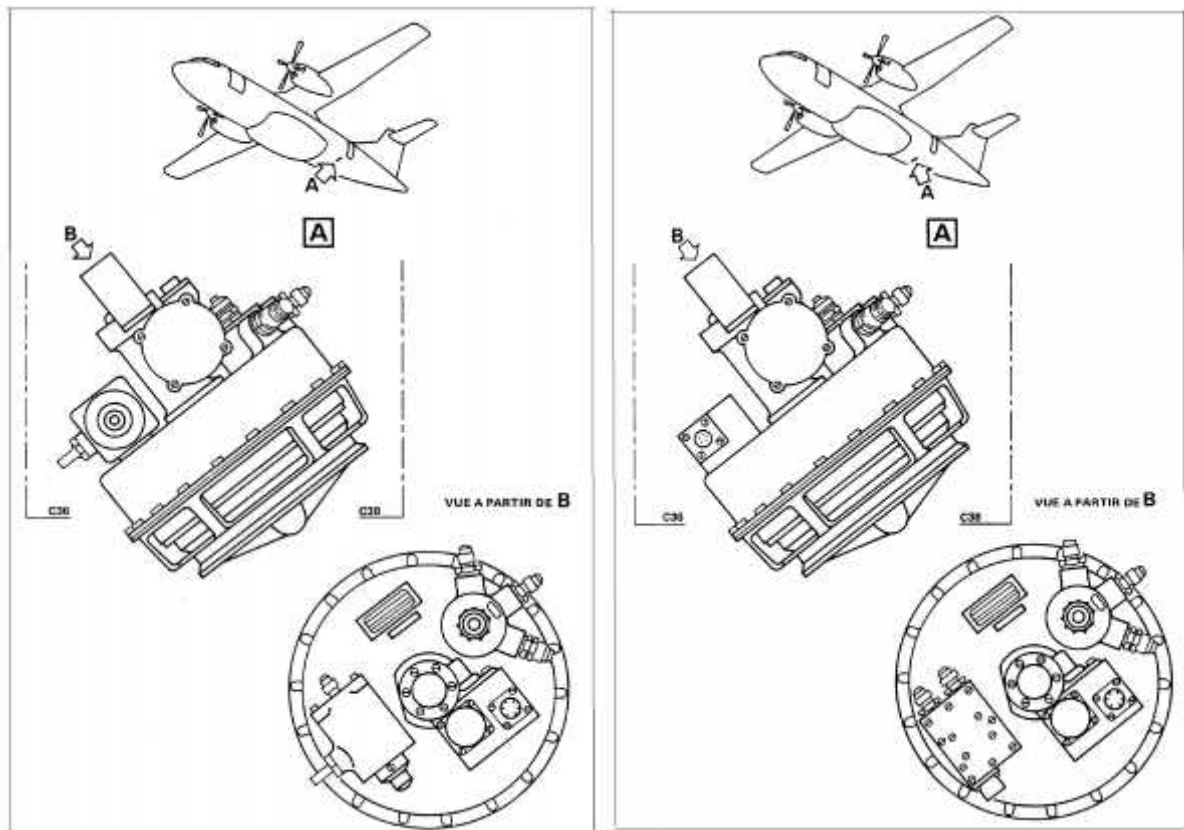


Figure III-25: vanne de débit pneumatique.

-le Filtre:

Ce filtre monté sur la soupape de régulation de pression électropneumatique, à l'entrée de la chambre du diaphragme, arrête les particules de nicotine et de poussière contenues dans l'air de sortie de la cabine.

CHAPITRE III ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

-Clapet Anti-Retour:

Les clapets anti-retour sont situés sur les tuyauteries des trompes à air. Le clapet anti-retour est monté sur le système pneumatique et empêche un débit d'air inverse.

-Régulateur Manuel:

Ce régulateur monté sur la planche de bord centrale est équipé d'un bouton de commande utilisé pour sélectionner un taux de variation d'altitude cabine compris entre 1500 pieds/minute et 2500 pieds/minute.

Les positions du régulateur manuel ne sont pas graduées et le pilote, tout en surveillant le taux de variation de l'altitude cabine, doit tourner le bouton du régulateur manuel jusqu'à ce que le taux souhaité soit obtenu.

Le régulateur manuel délivre une pression de référence destinée au fonctionnement de la vanne de régulation de pression pneumatique.

Cette pression de référence est générée au moyen d'un bouton par la combinaison de la pression cabine et le vide créé par la trompe à air.

Le point orange figurant sur la commande du régulateur manuel et qui est normalement caché par le bouton lors du fonctionnement en mode AUTO signale au pilote que le régulateur manuel n'est pas sur la position normale.

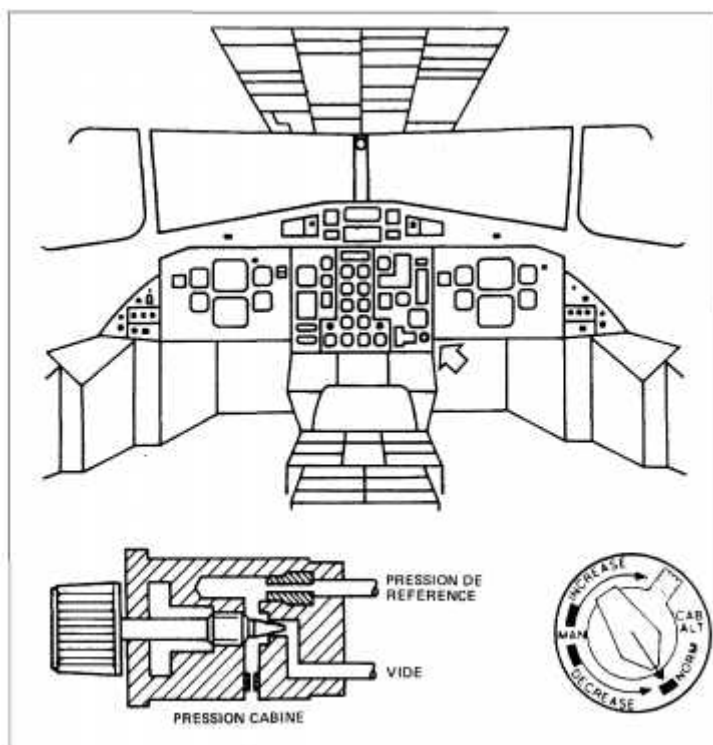


Figure III-26: bouton de regulation manuelle.

III-9-2-3-FONCTIONNEMENT:

1- Au sol:

- Configuration avion et interrupteurs sur le panneau de commande de pression cabine en position de fonctionnement normal :
 - Moteurs droit et gauche arrêtés.
 - Alimentation électrique coupée.
 - Soupapes de régulation de pression fermées.
 - Bouton poussoir AUTO-MAN en position AUTO.
 - Bouton du régulateur manuel en position NORM.
 - Bouton poussoir des vannes de régulation de débit des groupes PACKVALVE relâché (vannes de régulation de débit des groupes fermées).
 - Train d'atterrissage et relais associés en configuration sol.
- La mise sous tension du réseau avion alimente le régulateur numérique en 28 VCC. Les vannes de régulation de débit des groupes étant fermées, les soupapes de régulation de pression de la cabine restent également fermées .

2- Fonctionnement Normal:

- En configuration normale de fonctionnement (mode Auto), la pression de la cabine est contrôlée par le régulateur numérique. L'altitude d'atterrissage est sélectionnée sur le régulateur de pression cabine par les membres de l'équipage.

- En vol:

Le niveau de pression cabine souhaité est réglé à l'aide du régulateur numérique qui commande les soupapes de régulation de pression en fonction du domaine de vol. L'altitude de pression cabine absolue est détectée au moyen d'un capteur de pression qui envoie un signal électrique au régulateur numérique qui compare ce signal avec le signal d'altitude cabine de référence.

Le régulateur règle l'altitude cabine de manière à atteindre l'altitude cabine de référence. L'altitude cabine de référence est égale à l'altitude de la piste de départ tant que l'altitude de l'avion est inférieure à l'altitude de la piste de départ plus 1050 m.

Lorsque l'altitude de l'avion est supérieure à 1050 m , l'altitude de la piste de départ est annulée et l'altitude cabine de référence est la plus élevée des deux valeurs suivantes :

- Altitude cabine théorique calculée en fonction de l'altitude de l'avion ; l'altitude de l'avion est envoyée au régulateur numérique par la centrale anémométrique (ADC).
- L'altitude d'atterrissage sélectionnée.

Le régulateur numérique commande les soupapes de régulation de pression pneumatique et électropneumatique qui régulent le débit de sortie cabine réduisant ainsi la charge de travail de l'équipage.

CHAPITRE III ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

- Contrôle de dépressurisation à l'atterrissage:

Pour éviter une chute brutale de pression de la cabine à l'atterrissage, le mode AUTO commande toujours à l'atterrissage une altitude cabine égale à l'altitude d'atterrissage sélectionnée moins 90m .

- Dépressurisation après l'atterrissage:

Les amortisseurs du train d'atterrissage étant comprimés, le système de dépressurisation automatique initialise la dépressurisation rapide de l'avion à un taux de +550 pieds/minute jusqu'à l'ouverture complète des soupapes de régulation de pression cabine.

- Dépressurisation rapide:

L'avion peut très rapidement dépressurisé en appuyant sur le bouton poussoir DUMP ce qui entraîne l'ouverture simultanée des deux soupapes de régulation de pression.

- Sécurité De pression Négative Et De Surpression:

Ces deux sécurités sont assurées automatiquement par les clapets de surpression et les capsules manométriques montés sur la soupape électropneumatique et la soupape pneumatique.

- Essai

Le système peut être testé en appuyant sur le bouton poussoir TEST situé Sur le régulateur numérique. Si le système fonctionne correctement, les chiffres affichés sur la face avant du régulateur numérique sont alternativement 18800 et -8800. Les fonctions de test sont les suivantes :

- Soupape de régulation de pression électropneumatique :le régulateur numérique vérifie le moteur couple de la vanne.

- Microrupteurs des vannes de régulation de débit des groupes et relais de train d'atterrissage :le régulateur numérique vérifie qu'ils sont dans les positions suivantes :

a. Fonction vol/sol du MFC sur position sol.

b. Vanne de régulation de débit groupe : position OFF.

- Correction barométrique.

- Boîtier électronique du régulateur numérique.

3-Fonctionnement en Mode Manuel (MAN):

- Lorsque le système fonctionne en mode MAN, la soupape électropneumatique est fermée et la position du bouton de commande du régulateur manuel détermine une pression de référence qui commande l'ouverture de la soupape pneumatique. Lorsque le taux de variation souhaité est atteint, la commande est maintenue sans aucun réglage supplémentaire du bouton de régulateur soit nécessaire, quelles que soient les variations de débit ou de pression différentielle ; le régulateur normal ne permet pas la présélection de la pression cabine.

- La dépressurisation rapide en mode manuel est réalisée en tournant le bouton du régulateur manuel dans le sens horaire, en butée, ce qui entraîne l'ouverture de la soupape pneumatique et la dépressurisation de l'avion

CHAPITRE III ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

à 760 m/minute (2500 pieds/min.) maximum.

III-9-3- DEPRESSURISATION EN SECOURS DE LA CABINE:

Le système de dépressurisation en secours de la cabine est destiné à fournir à l'équipage un moyen de dépressuriser rapidement de la cabine en mode automatique (AUTO) ou en mode manuel (MAN).

III-9-3-1-Description:

1-Mode AUTO:

En mode AUTO, la dépressurisation de la cabine est obtenue en appuyant sur le bouton poussoir DUMP. Dans ce cas, le moteur couple de la soupape électropneumatique est alimenté et son secteur obture le gicleur de pression cabine, les chambres des diaphragmes des soupapes pneumatiques et électropneumatiques sont reliées à l'extérieur par un orifice de basse pression et les soupapes de régulation de pression s'ouvrent, permettant ainsi une dépressurisation rapide de la cabine.

2-Mode MAN:

En mode MAN, la dépressurisation de la cabine est obtenue en tournant le bouton de régulateur manuel en butée, dans le sens horaire. Dans cette position, le circuit de référence permet au moyen du relais pneumatique, l'ouverture de la soupape de régulation pneumatique.

III-10-SYSTEME DE SECURITE ET DE CONTROLE:

III-10-1- INDICATION DE TEMPERATURE DE LA CABINE ET DU POSTE DE PILOTAGE:

Le système d'indication de température permet de surveiller et de contrôler la température de l'air de climatisation. Quatre sondes permettent de détecter la température de l'air dans le poste de pilotage, la cabine et les gaines d'alimentation. La température est surveillée sur un indicateur double de température situé dans le poste de pilotage.

III-10-1- 1-Description Des Equipments:

1- Indicateur de Température:

Cet indicateur double permet à l'équipage de surveiller la température du poste de pilotage et de la gaine d'alimentation associée et/ou de la cabine et de la gaine d'alimentation associée, suivant la position de l'inverseur COMPT SEL. L'indicateur est monté sur le panneau de commande COMPT TEMP dans le poste de pilotage.

CHAPITRE III ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

2-Sondes d'Indication de Température Cabine/Poste de Pilotage:

Ces sondes sont montées dans la cabine et dans le poste de pilotage et permettent de détecter en permanence la température de l'air dans ces compartiments. Chaque sonde envoie un signal à l'indicateur de température COMPT/DUCT qui affiche la température directement en degrés centigrades.

3- Sondes d'Indication de Température Gaine:

Ces sondes sont montées dans les gaines d'alimentation d'air et permettent de détecter en permanence la température de l'air dans ces gaines. Chaque sonde fournit un signal à l'indicateur de température COMPT/DUCT qui affiche la température directement en degrés centigrades.

III-10-1- 2- Commandes Et Signalisation:

Le voyant d'avertissement ambre AIR situé sur le Panneau d'Alerte Equipage s'allume dans les conditions suivantes :

- Légende FAULT du bouton poussoir PACK VALVE allumée (temporisation 10 secondes).
- Le manocontact de surchauffe dans la gaine d'alimentation a détecté une température de 92° C (temporisation 2 secondes).
- La légende FAULT de l'indicateur du ventilateur de recirculation s'illumine suite à une panne du ventilateur (temporisation 4 secondes).
- La légende FAULT du bouton poussoir PACK VALVE s'allume lorsque :
 - Il y a désaccord entre la position sélectionnée du bouton poussoir et la position réelle de la vanne.
 - La température de l'air en aval du compresseur ACM atteint $204 \pm 6^{\circ}$ C.
 - La légende FAULT de l'indicateur du ventilateur de recirculation s'illumine suite à une panne du ventilateur (temporisation 4 secondes).

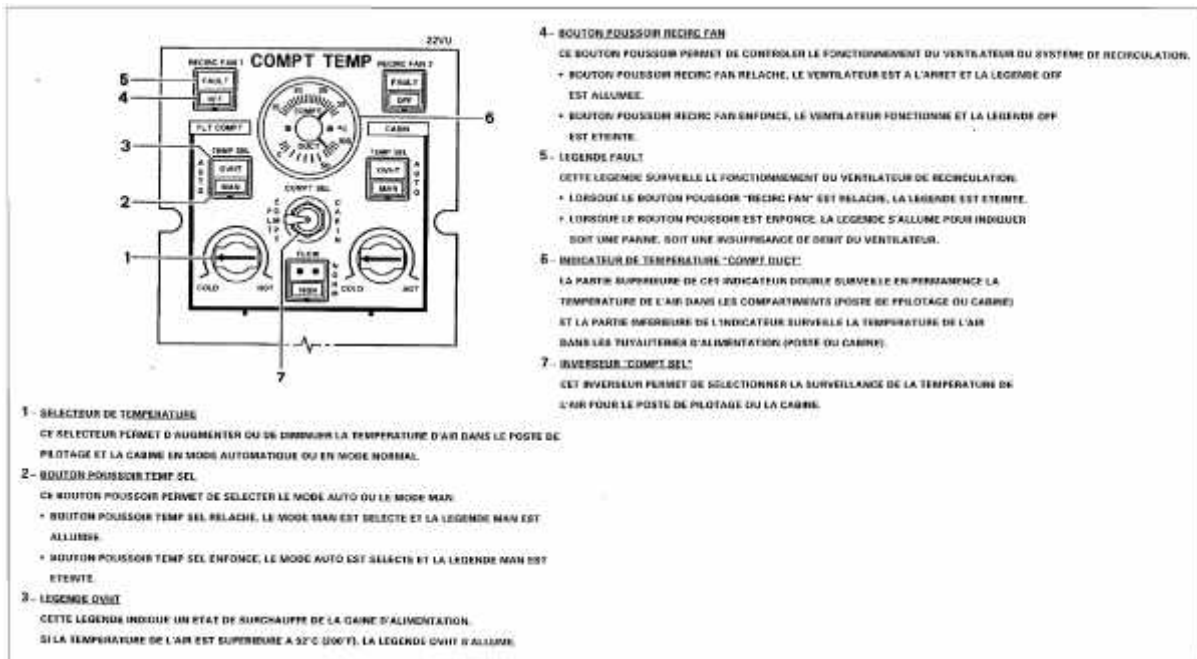


Figure III-27: indication de température.

-La légende FAULT du bouton poussoir PACK VALVE s'allume lorsque :
 - Il y a désaccord entre la position sélectionnée du bouton poussoir et la position réelle de la vanne

- La température de l'air en aval du compresseur ACM atteint $204 \pm 6^\circ \text{C}$.
 Dans ce cas, le voyant d'avertissement AIR s'allume, le voyant MASTER CAUTION s'allume également accompagné du gong monocoup .

III-10-2-SYSTEME DE COMPRESSION:

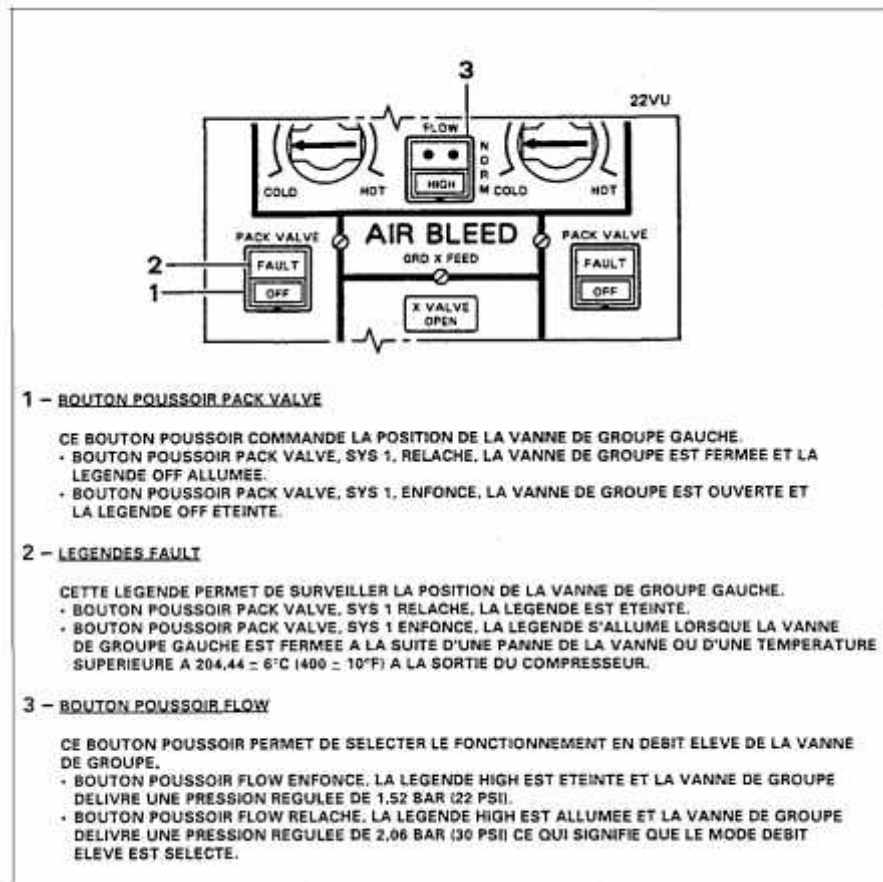


Figure III-28: indication de système de compression.

III-10-2-1-ALARME:

Lorsque le voyant FAULT s'allume, un signal d'avertissement est envoyé au système centralisé de l'équipage (CCAS) ce qui déclenche les alertes visuelles et sonores suivantes :

- Le voyant AIR s'allume sur le CAP.
- Le voyant d'avertissement central (CAUTION) s'allume.
- Au même moment, le gong monocoup retentit dans les deux haut-parleurs du poste de pilotage.

III-10-2-2-Detection Des Fuites:

Un système de surveillance permanent est prévu afin de détecter une surchauffe éventuelle, dû à une fuite d'air chaud. Ce système est conçu pour protéger la structure et les équipements au voisinage des conduits d'air chaud ainsi que les panneaux intérieurs:

- Bord d'attaque d'aile et raccord aile/fuselage.
- Blancher supérieur et inférieur du fuselage.
- Voisinage du groupe de conditionnement d'air.

CHAPITRE III ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

Afin d'assurer une détection rapide des fuites, une enveloppe de kevlar est placée autour de la majeure partie des conduites d'air chaud, pour retenir l'air de fuite, et le canaliser vers les détecteurs.

Le système de détection comprend deux circuits distincts: un pour le prélèvement droit, un pour le prélèvement gauche.

En cas de fuite, le prélèvement correspondant doit être considéré comme perdu pour le reste du vol.

III-10-2-3-Protection De Surchauffe:

Le système comprend des interrupteurs (résistances thermiques) situés sur les moteurs, près de la sortie des compresseurs HP.

Ces interrupteurs, qui sont doubles par sécurité, assurant la fermeture des vannes de prélèvement et de la vanne d'isolement d'air chaque fois qu'apparaît une surchauffe anormale.

En cas de surchauffe, le prélèvement correspondant peut être récupéré après un refroidissement.

III-10-3-SYSTEME DE REFROIDISSEMENT:

Lorsque le calculateur multifonction (MFC) reçoit un signal d'avertissement du thermocontact de surchauffe, cela provoque:

1-Après deux secondes:

- un enregistrement de détection de surchauffe dans la mémoire non volatile du MFC et le verrouillage du voyant magnétique sur le panneau de maintenance.

2-Après 10 secondes :

- L'éclairage du voyant AIR sur le CAP.

- L'éclairage du voyant CAUTION.

- Au même moment, le retentissement du gong monocoup dans les deux haut-parleurs du poste de pilotage.

III-10-4-EXTRACTION D'AIR DES MEUBLES ELECTRONIQUES ET DE LA CABINE:

Les commandes et la signalisation sont regroupées sur la partie " AVIONICS VENT" du panneau 22VU. Le voyant " AIR" sur le panneau d'alerte équipage ainsi que le gong monocoup et les master " CAUTION" signalent la présence d'anomalies de fonctionnement. Le circuit APPEL MECANICIEN est activé afin d'alerter le personnel de piste lorsque, le groupe de parc connecté, la vanne d'évacuation à l'extérieur est placée en position intermédiaire (bouton poussoir " EXHAUST MODE" relâché).

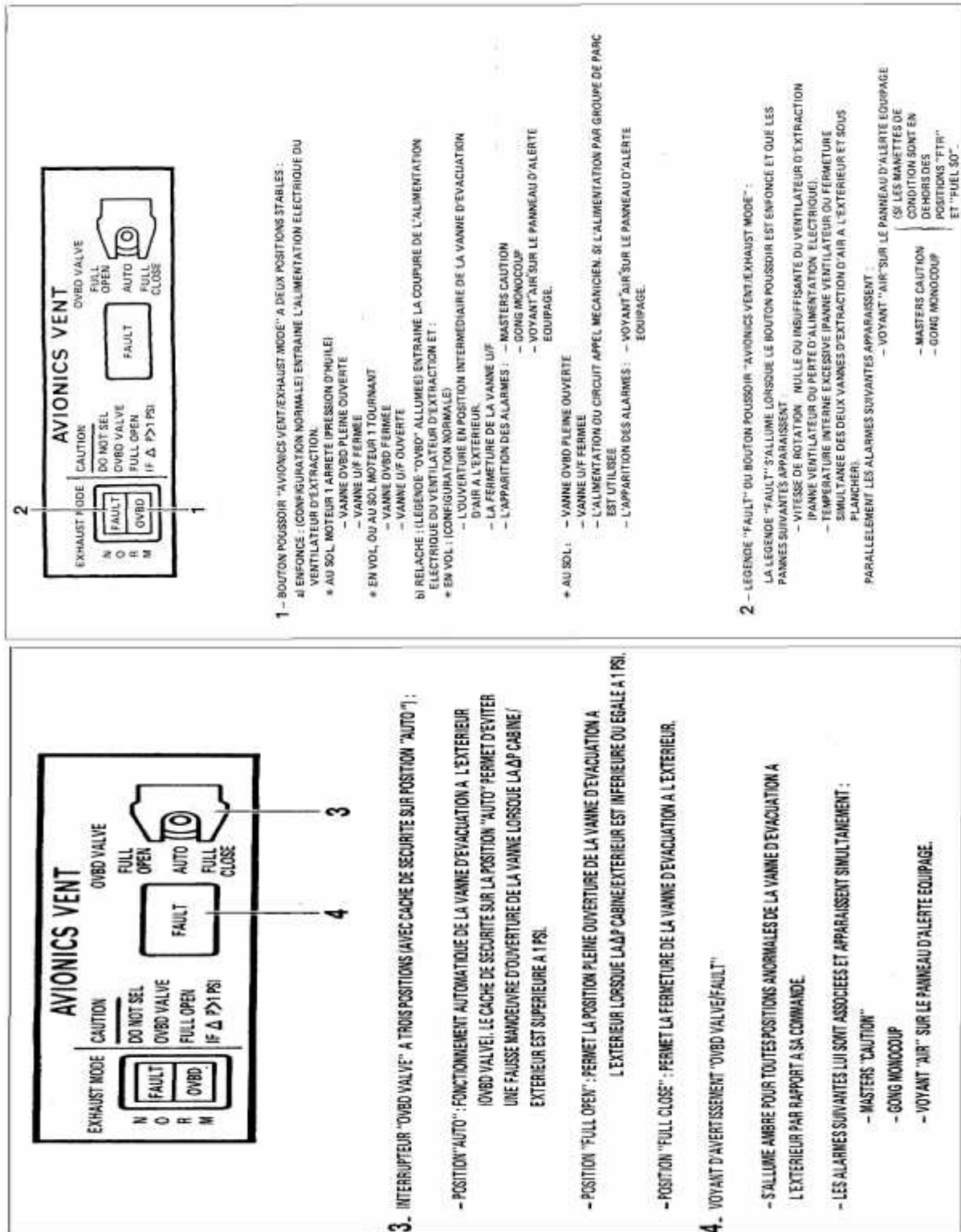


Figure III-29: avionics vents.

CHAPITRE III ETUDE TECHNOLOGIQUE DES EQUIPEMENTS

III-10-5-SYSTEME DE PRESSURISATION:

III-10-5-1-Commande et Signalisation de Pression de la Cabine:

1- Indicateur de Pression Cabine:

Cet indicateur constitué de trois cadrans à aiguilles surveille :

- L'altitude cabine.
- Le taux de variation de l'altitude cabine.
- La pression différentielle.

Il comprend également un microrupteur qui envoie un signal électrique au CCAS et deux butées mécaniques. Lorsque l'altitude cabine dépasse les valeurs limites de l'échelle, l'aiguille sorte du cadre de l'échelle et va se positionner en butée contre un point blanc représentant les butées mécaniques des valeurs minimale et maximale.

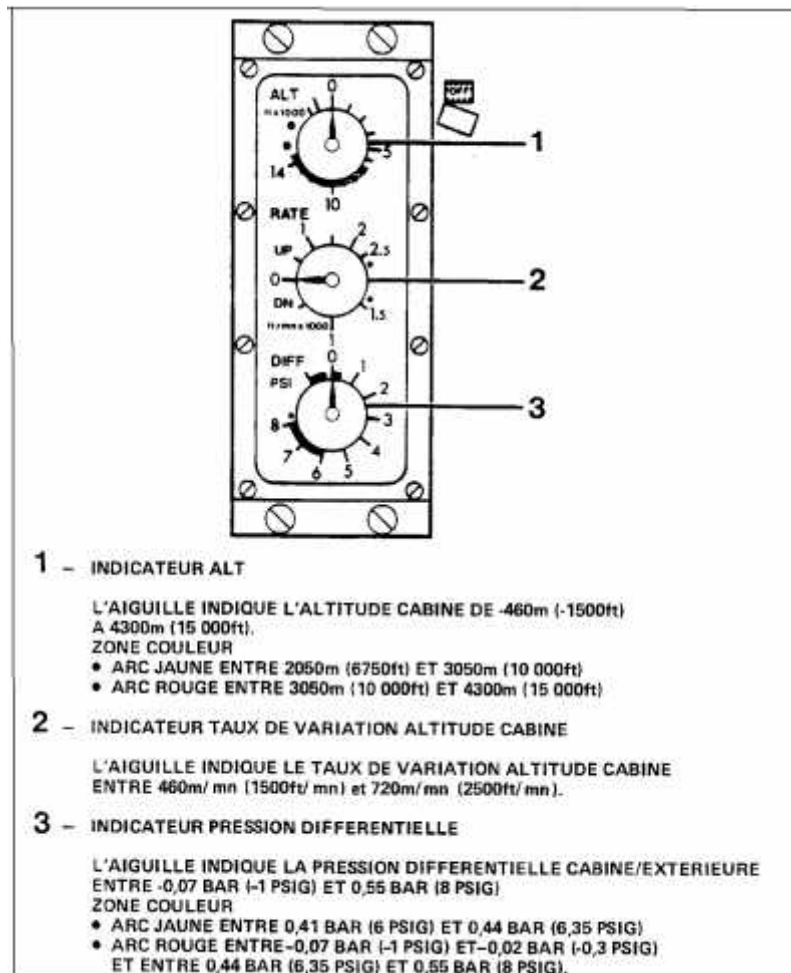


Figure III-30: indicateur de pression cabine.

2-Régulateur de Pression Numérique:

Ce panneau régulateur commande, en mode AUTO le système de régulation de pression de la cabine par l'intermédiaire du régulateur numérique qui élabore les informations suivantes :

- Altitude avion.
- Altitude d'atterrissage.
- Altitude de décollage.
- Altitude pression cabine.

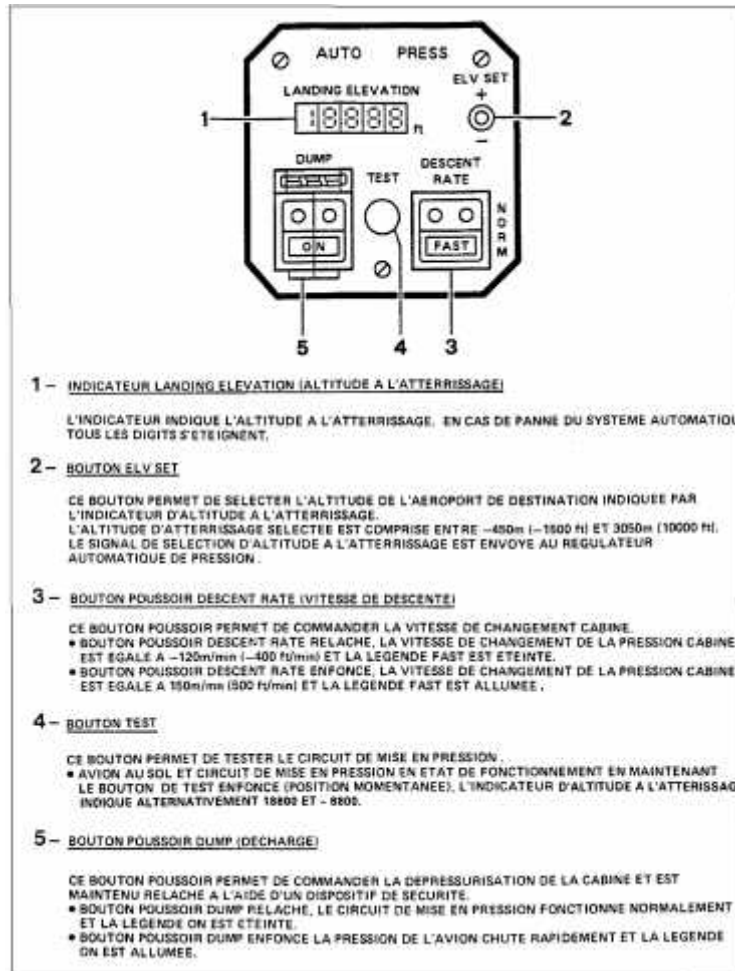


Figure III-31: régulateur de pression numérique.

3-Commandes de Régulation Manuelle de Pression:

Le bouton poussoir de sélection de mode de régulation de pression (MODESEL) permet de sélectionner le mode AUTO ou le mode MAN. Le bouton à commande manuelle commande le système de régulation de pression de la cabine en mode MAN.

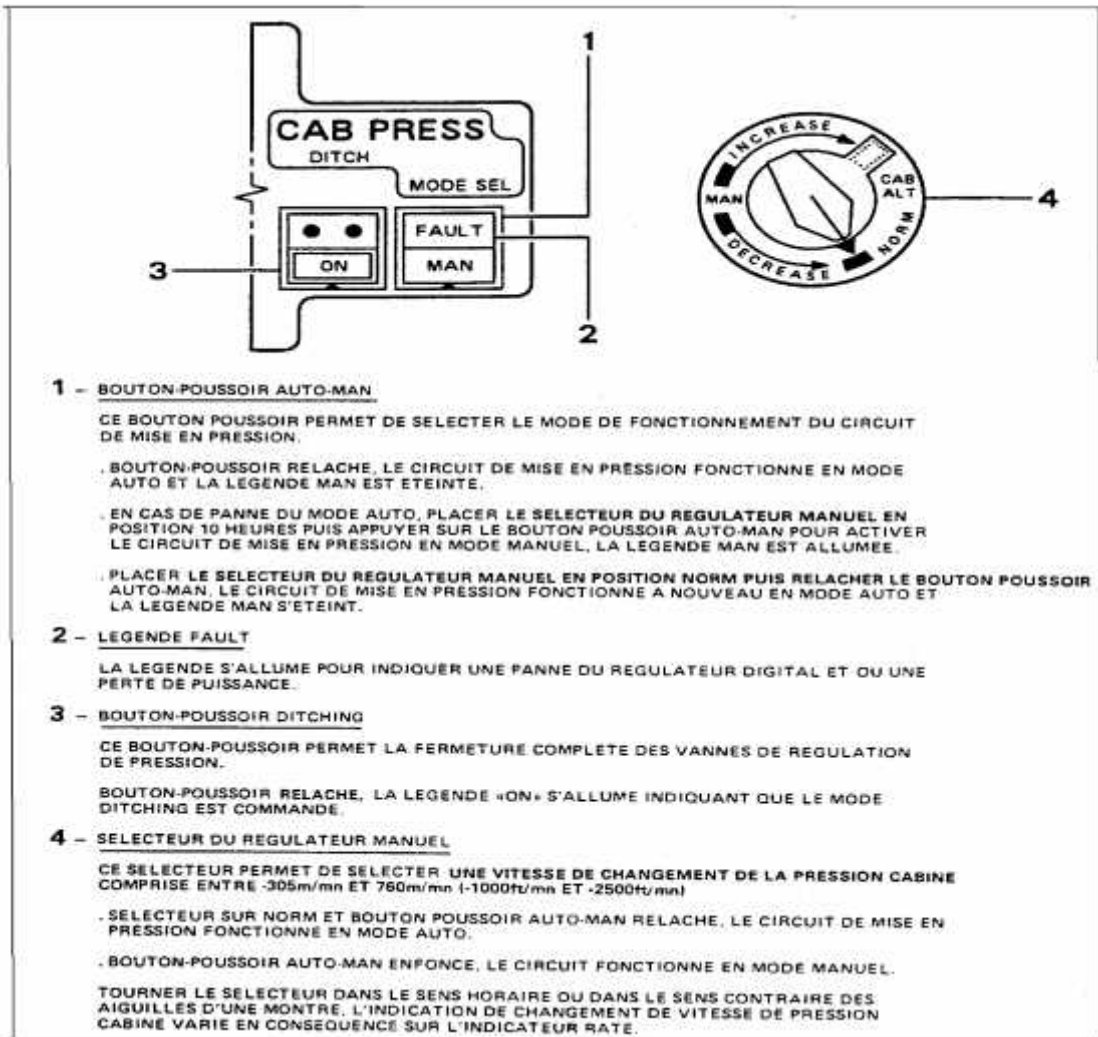


Figure III-32: commandes de régulation manuelle de pression.

III-10-5-2- ALERT:

1-Altitude Excessive:

Lorsque l'altitude cabine est supérieure à 3050 m, un signal d'alarme est envoyé au CCAS, qui déclenche les alarmes sonores et visuelles suivantes :

- Sur le panneau d'alerte équipage (CAP) le voyant EXCESS ALT s'allume.
- Le voyant WARNING s'allume.
- Au même moment, le gong répétitif retentit dans les deux haut-parleurs du poste de pilotage.

2-Panne du Régulateur Numérique ou Perte de Puissance:

Dans le cas de panne ou de perte de puissance du régulateur numérique, le système envoie un signal au CCAS et le voyant FAULT s'allume sur le bouton poussoir CAB PRESS.

Chapitre IV

MAINTENANCE DU

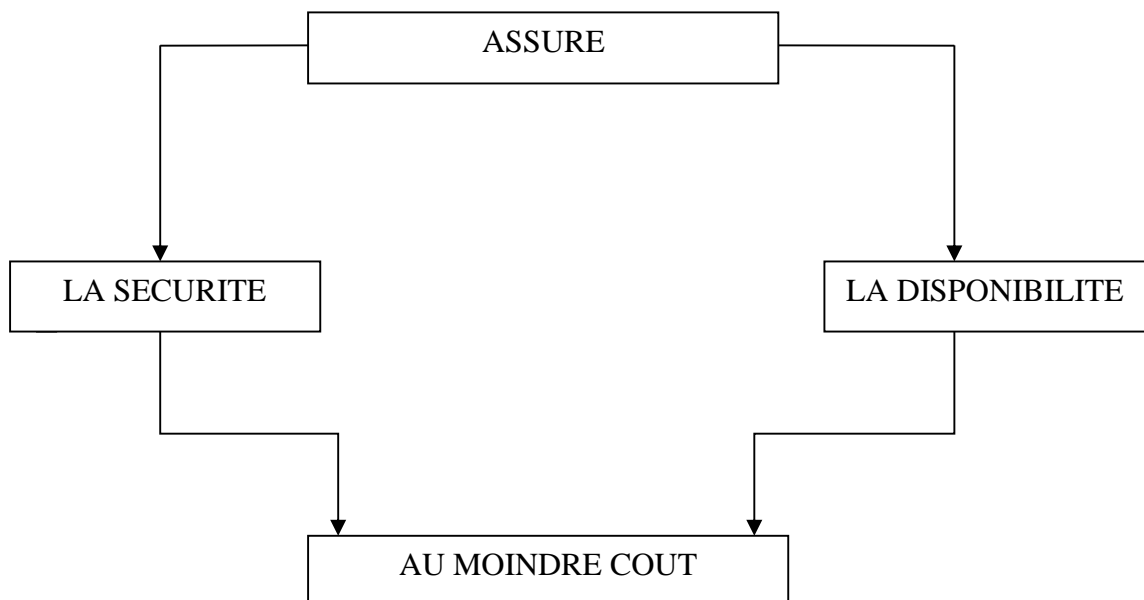
SYSTEME

IV-1-GENERALITES ET DIFINITION:**IV-1-1-DEFINITION DE LA MAINTENANCE:**

L'un des objectifs fixés pour la définition et la conception d'un équipement ou d'un système, l'entretien est un facteur très important ou la nécessité d'être pris en considération est obligatoire.

La maintenance est définie comme étant l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans état spécifique (vérification, réparation, modification, révision, inspection, ...) en mesure d'assurer un service déterminé.

Une compagnie doit assurer la sécurité et la disponibilité des ses appareils à un coût de maintenance moindre.



Le manuel d'entretien spécifique (ATR72) décrit le programme des opérations nécessaires pour maintenir l'aptitude des avions à être exploités, notamment en matière d'aptitude au vol, d'entretien des équipements ainsi que des moyens de radio-communication /navigation.

IV-1-2-DIFFERENTS TYPES DE MAINTENANCE:

Il existe deux types de maintenance:

- Maintenance préventive.
- Maintenance corrective.

IV-1-2-1-Maintenance Préventive:

C'est l'ensemble des opérations destinée à maintenir ou à remettre l'aéronef ou certain de ces éléments en état d'être exploiter normalement c'est "l'aptitude au vol".

Elle est effectuée selon des critères prédéterminés dans l'intensité de réduire la probabilité de défaillance d'un bien.

La prévention doit permettre d'éviter les pannes au cours d'utilisation par une intervention de maintenance prévue, préparée et programmée avant la date probable d'apparition d'une défaillance.

Il existe deux types de maintenance préventive:

- Maintenance préventive systématique.
- Maintenance préventive conditionnelle.

1-Maintenance Préventive Systématique:

La maintenance préventive systématique consiste à effectuer des interventions périodiques (visite intermédiaire, révision générale) selon un planning établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage.

2-Maintenance Préventive Conditionnelle (Selon état):

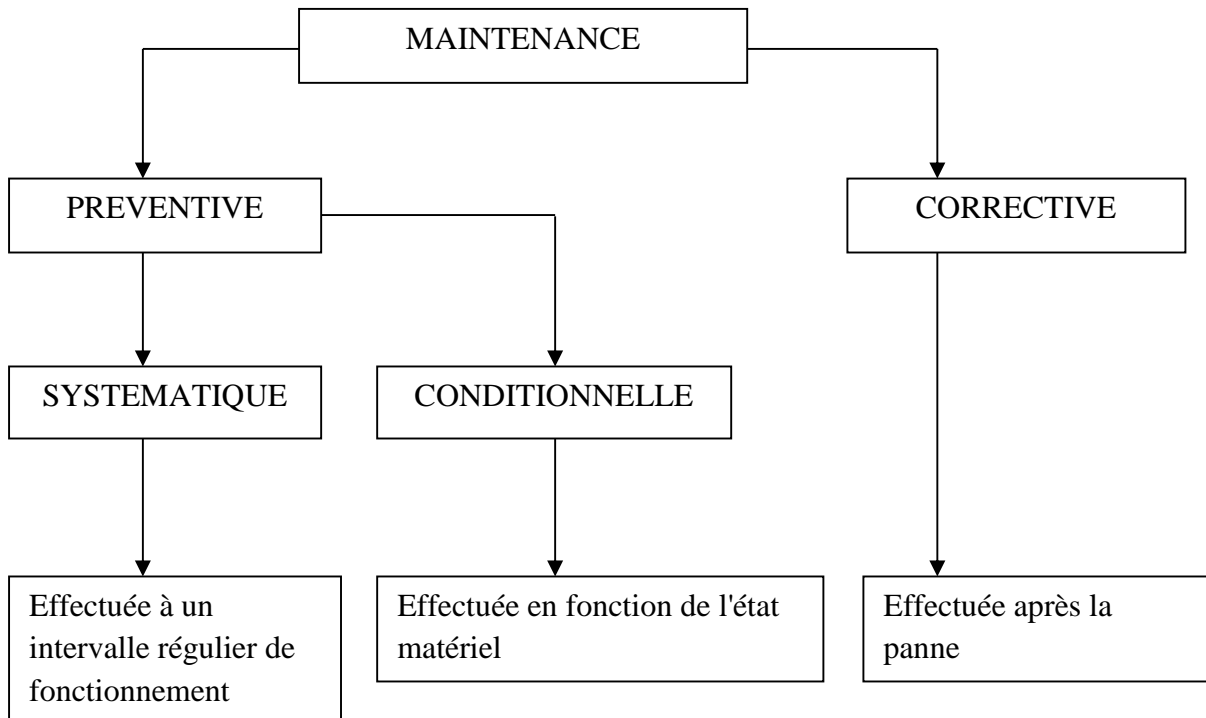
L'application de la maintenance préventive conditionnelle est reliée a un type d'événement déterminer en fonction de l'état matériel. Ce type de maintenance à pour but d'assurer le suivi continu en service.

IV-1-2-2-Maintenance Corrective:

La maintenance corrective est l'ensemble des opérations non programmées en fonctionnement ou après détection d'une défaillance.

Ces opérations sont:

- S'informer et analyse la situation.
- Etablir le diagnostic (les causes les plus probables).
- Vérifier la cause.
- Dépose / Reprise.
- Vérifier les résultats de réparation.
- Rédiger le rapport d'intervention.



IV-1-3-EVOLUTION DE LA POLITIQUE DE MAINTENANCE:

Dans la politique de maintenance, on distingue plusieurs phases:

- Avant 1960 la maintenance consiste à effectuer des révisions générales à potentiel fixe.
- Avant 1966 on pratiquait des révisions générales spécifiques des parties froides et chaudes du moteur en introduisant la visite intermédiaire.
- En 1966 l'introduction des programmes de fiabilité.
- En 1969 l'introduction de la maintenance modulaire.
- En 1972 la maintenance selon état.

IV-1-4- LES DIFFERENTS MODES D'ENTRETIEN:

IV-1-4-1-Entretien Avec Temps Limite (hard time):

Dire qu'un élément fait l'objet d'un entretien avec temps limité, spécifique que cet élément devra être déposé avant d'attendre son potentiel:

- Soit pour subir certains travaux qui permettent de le libérer pour une nouvelle période.
- Soit pour être retiré du service, elle consiste à réaliser les opérations d'entretien sur base et procéder, puis la pièce retourne usine (constricteur) à un certain temps de fonctionnement afin d'éviter une révision complète des éléments constitutifs.

IV-1-4-2-Entretien Avec Surveillance de Comportement (condition monitoring):

Dire qu'un élément fait l'objet d'un entretien avec surveillance de comportement en service signifie que l'on n'interviendra sur cet élément qu'après indication de la défaillance (absence de maintenance préventive).

Ce mode d'entretien en service n'est applicable qu'aux éléments dont la détection n'a pas d'effets sur l'état de navigabilité.

Suivi pour sélection les éléments dont le niveau de fonctionnement n'est pas satisfaisants (fiabilité, statistique, consommation, ect...)

La maintenance avec surveillance de comportement est une partie basée sur la connaissance statique du comportement d'élément dont on surveille sa vie.

IV-1-4-3-Entretien Selon Vérification De L'état (on condition):

Dire qu'un élément fait l'objet d'un entretien selon état signifie que cette élément subit des interventions périodiques, ou éventuellement soumis à des observations continues pour déterminer son état.

C'est la procédé primaire d'entretien ayant des inspections, des testes répétés pour déterminer son état.

IV-1-5-MAINTENANCE EXISTANTE A AIR ALGERIE:

La maintenance utilisée au sein de la compagnie Air Algérie est une maintenance préventive suivant un programme.

Actuellement au sein de la compagnie, on a mis en place une politique d'entretien préventive en fonction des critères suivants:

- L'importance du matériel dans le cycle de l'exploitation.
- Son utilisation.
- Les conditions de travail.

Le type de l'entretien est choisi selon l'usage du matériel, le règlement prévoit un manuel d'entretien de chaque avion en suivant les indications des constructeurs, ce manuel contient:

- Les procédures du service de l'entretien.
- Généralités sur les équipements, les périodicités effectués lors de chaque visite.
- Les modifications de l'avion et des ces équipements.

IV-1-6-DEMARCHE DE DEPANNAGE:

1-Plan de l'équipage : CRM(compte rendu matériel).

2-Le dépannage (recherche de panne) pour trouver l'unité déposable en ligne.

3-Le dépose et pose.

4-Le teste de bon fonctionnement pour connaître si la réparation est faite ou non.

5-Restitution de l'avion à l'exploitation.

IV-1-7-LES METHODES DE DEPANNAGE:

IV-1-7-1-Méthode Globale (aléatoire):

Cette méthode consiste à remplacer tous les éléments du système infectés

1-les avantages de cette méthode sont : Sauvegarder la disponibilité, la ponctualité, la régularité.

2-les inconvénients de cette méthode sont :

- Manipulation excessive .
- La disposition en stock des éléments infectés .
- Trop de déposes injustifiées.
- Cette méthode est tolérée en cas d'urgence .
- Pas trop chère pour gagner du temps.

IV-1-7-2- Méthodes Progressives:

Cette méthode consiste à remplacer successivement les équipements de système incriminé et leurs analyses approfondis, une fois l'équipement remplacé on procède à un essai qui permet de vérifier si la fonction a été restaurée, dans le cas contraire on remonte l'ancien équipement et on procède au remplacement du suivant et ainsi de suite jusqu'au dépannage complet ou total du système.

1-les avantages de cette méthode sont :

- 90% des pannes peuvent être résolues par cette procédure qui fait intervenir une analyse simple.

2-Les inconvénients de cette méthode sont :

- Déposes injustifiées.
- Manipulation excessive.
- Le temps alloué à la recherche de la panne est long.

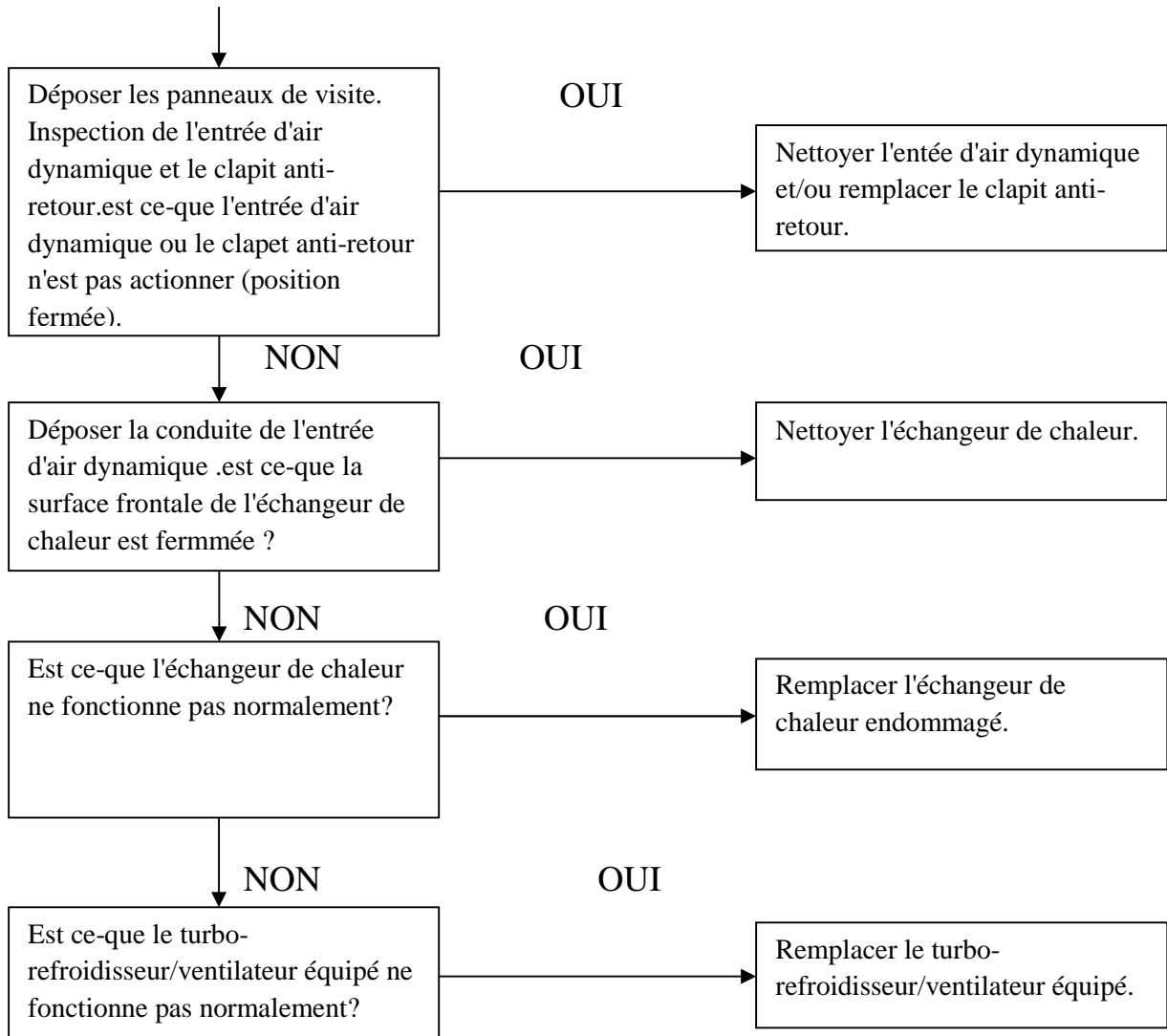
IV-1-7-2- Méthodes Analytiques:

Cette méthode permet d'affiner la méthode progressive et incriminer à coup sur l'élément en cause, cette méthode nécessite des spécialistes ayant une bonne connaissance du système, la démarche à suivre et de faire la liste des causes possibles.

Cette méthode est la plus utilisée dans la recherche de panne.

IV-2-EXEMPLE DE RECHERCHE DE PANNE:

En vol, indication de température anormale (surchauffe).



IV-3-VERIFICATION DE L'ECHANGEUR DE CHALEUR:**IV-3-1- PREPARATION:**

- 1-Mettre en place un panneau d'avis interdisant ,la mise en pression du système d'air comprimé et le fonctionnement du groupe de conditionnement d'air.
- 2- Déposer la porte d'accès .

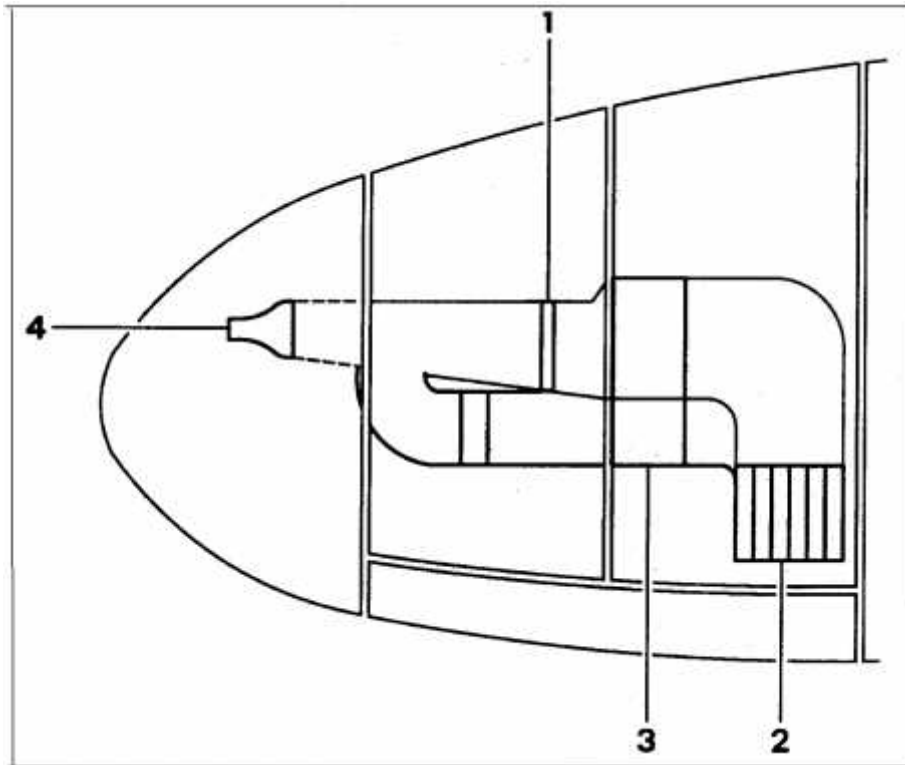
IV-3-2- VERIFICATION DE L'ECHANGEURS DE CHALEUR:

Figure IV-1: vérification de l'échangeur de chaleur.

- 1- Placer une lampe torche à la sortie de la prise d'air dynamique (2).
- 2-Ouvrir les volets du clapet anti-retour air dynamique (1) , et par l'entrée (4) de la prise d'air dynamique, vérifier l'absence de corps étrangers dans les ailettes de l'échangeur de chaleur (3).
- 3- Si l'échangeurs de chaleur primaire/secondaire nécessitent un nettoyage, déposer les tuyauteries d'entrée et de sortie des échangeurs de chaleur.

IV-3-3- REMISE EN ETAT:

- 1- Poser la porte d'accès .
- 2- Retirer le panneau d'avis.

IV-4-DEPOSE/POSE DU TURBO-REFROIDISSEUR/ VENTILATEUR

EQUIPE:

IV-4-1- PREPARATION :

- 1- Mettre en place des panneaux d'avis interdisant , la mise en pression du circuit d'air comprimé et l'utilisation du groupe de conditionnement d'air.
- 2-Déposer la porte d'accès.

IV-4-2- DEPOSE:

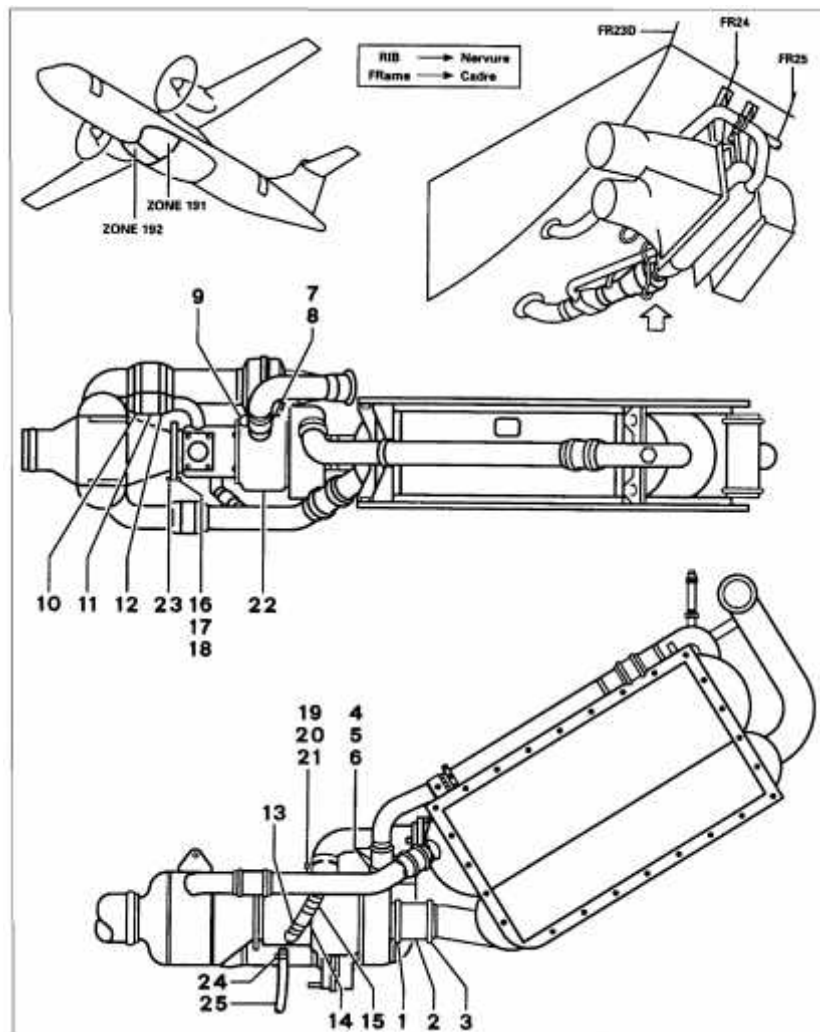


Figure IV-2: dépose de turbo-refroidisseur.

- 1- Déposer les brides (1) et (3) et le manchon (2).
- 2- Déposer les brides (4) et (6) et le manchon (5).
- 3- Déposer les brides (7) et (8) et le manchon (9).
- 4- Déposer la bride (10) et (12) et le manchon(11).
- 5- Déposer les brides (13) et (15) et le manchon (14).
- 6- Déposer la bride (24) et débrancher la tuyauterie flexible (25).

- 7- Devisser l'écrou (18), déposer la rondelles (17) et le vis (16).
- 8-Devisser l'écrou (21), déposer la rondelles (20) et le vis (19).
- 9-Déposer le turbo-refroidisseur/ventilateur équipé (22).
- 10- Déposer le joint (23) et le rebuter si nécessaire.
- 11-Obturer les extremités ouvertes du turbo-refroidisseur/ventilateur équipé.

IV-4-3- ESSAI OPERATIONNEL DE LA VANNE DE COMMANDE ENTREE D'AIR TURBINE:

1-Au panneau 22vu:

A-Enfoncer les boutons poussoirs " Eng 2 bleed" et " Pack valve, sys1(2) " et vérifier que les légendes" Off" s'eteignent.

B- Enfoncer le bouton poussoir " Compt temp/ flow" et vérifier que la légend " High" s'allume.

C-Vérifier que la légende " Man" du bouton poussoir " Flt compt/temp sel (cabin/temp sel" est éteinte.

D-Mettre le sélecteur de température poste (cabine) sur " Cold".

2- Attendre que le système se stabilise.

3- La température différentielle mesurée entre l'orifice de sortie du séparateur d'eau (thermocouple 1) et l'orifice de sortie d'air de mélange de la vanne de commande d'entrée d'air turbine (thermocouple 2) devrait être comprise approximativement entre 5 et 16 °C . Ceci indique que la vanne de commande d'entrée d'air turbine régule la température d'entrée de la turbine de refroidissement à 23 ± 6 °C.

4- Si aucune température différentielle est mesurée et si le thermocouple 1 mesure une température inférieure à 13 °C, le" Champignon" de la vanne de commande d'entrée d'air turbine est fermé et la vanne doit être remplacée.

5- Si la température différentielle est supérieure à 20 °C , le " Champignon" de la vanne de commande d'entrée d'air turbine est ouvert et la vanne doit être remplacée.

6- Au panneau 22vu:

A-Relacher le bouton poussoir et vérifier que la légende" High" s'eteint.

B- Relacher le bouton poussoir et vérifier que la légende" Off" s'allume.

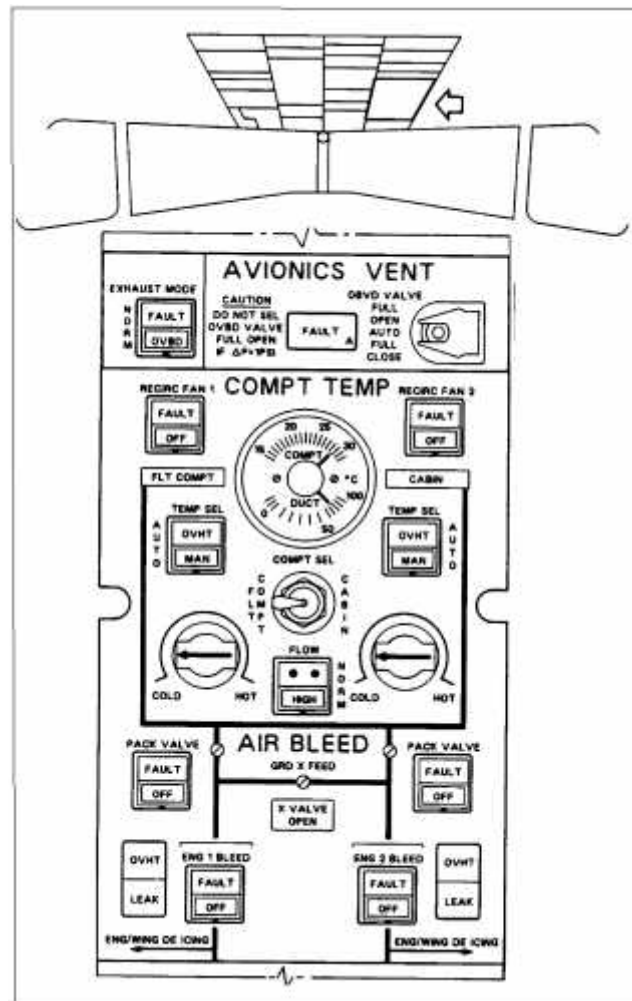


Figure IV-3: essai opérationnel de la vanne de comande d'entrée d'air turbine.

IV-4-4- POSE: (Figure IV-2)

Remarque: - ne pas utiliser de graisse lors de la pose des manchons.

-l'utilisation d'eau distillée peut faciliter la pose des manchons.

- 1- Retirer les obturateurs des extremités ouvertes du turb-refroidisseur/ventilateur équipé.
- 2- Positionner le turbo-refroidisseur/ventilateur équipé (22) entre l'échangeur de chaleur et le condenseur. monter le joint plat(23).
- 3- Mettre en place le vis (19), la rondelle (20) et l'écrou (21) servant a fixer l'ensemble sur son support.
- 4- Mettre en place le vis (16), la rondelle (17) et les ecrous (18).
- 5- Brancher la tuyauterie souple (25). mettre en place et serrer la bride (24).
- 6- Mettre en place le manchon (14) et les brides (13) et (15).
- 7- Mettre en place le manchon (11) et les brides (10) et (12).
- 8- Mettre en place le manchon (9) et les brides(7) et (8).
- 9- Mettre en place le manchon (5) et les brides(4) et (6).
- 10-Mettre en place le manchon (2) et les brides (1) et (3).
- 11- Serrer les brides (1), (3), (4), (6), (7), (8), (10), (12), (13) et (15) a un couple

de serrage compris entre 0,18 et 0,20 m.dan.

IV-4-5- FINITION:

- 1- Monter le panneau d'accès.
- 2- Retirer les panneaux d'avis.

IV-5- VERIFICATION DU GROUPE POUR PRESENCE DE FUITES:

◆dépose de carénage train principal.

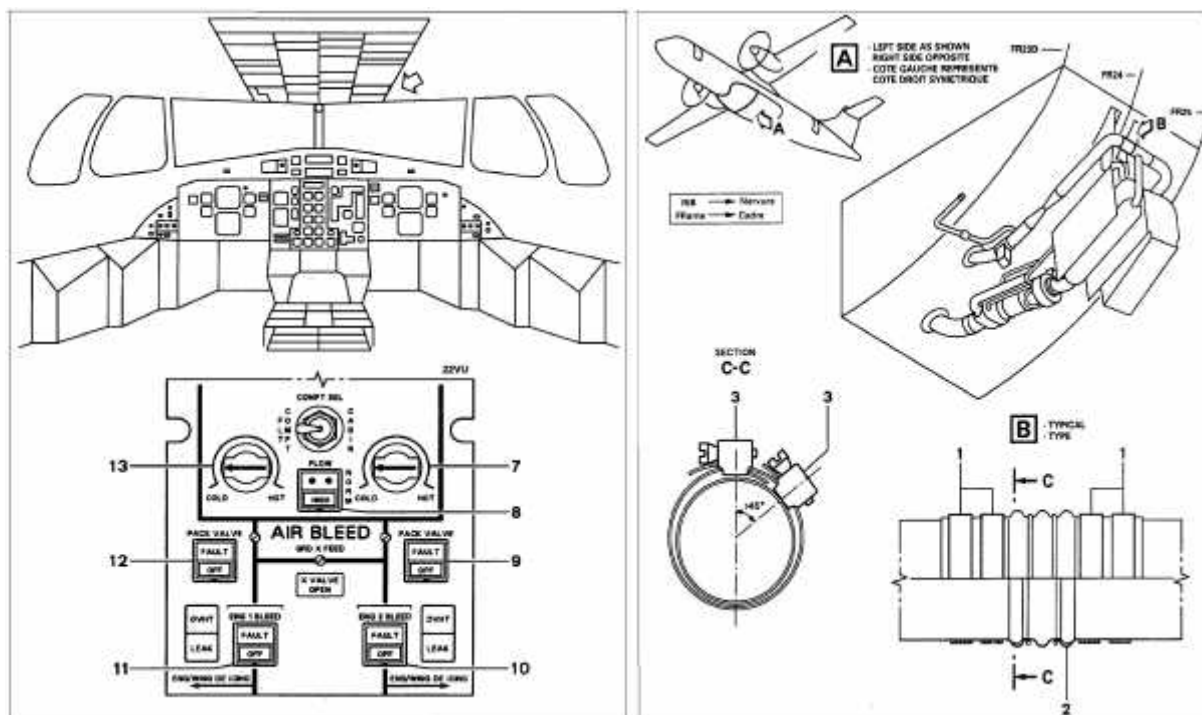


Figure IV-4: verification pour presence de fuites.

◆verification:

- 1- Démarrer le moteur 1 (2).
- 2- Positionner le levier de puissance entre le ralenti vol et 35 deg. et le levier de condition sur max rpm.
- 3- Au panneau 22vu:
 - A- enfoncer le bouton poussoir " eng1 (2) bleed" (11), (10) et vérifier que la légende" off" s'eteint.
 - B- Enfoncer le bouton poussoir " pack valve" sys 2 et 1 (9) , (12) et verifier que la légende" off " s'eteint.
 - C - Vérifier que la légende " off " sur le bouton poussoir (12), (9) est allumée.
 - D - Enfoncer le bouton poussoir " compt temp/ flow" (8) et vérifier que la légende" high" s'allume.
 - E- Mettre le sélecteur de température poste cabine (13), (7) sur la position " cold" maximale.
- 4- Vérifier l'absence de fuite au niveau de chaque soufflet (2) et collier (1).

5- Dans le cas de fuite, remplacer le soufflet (2) et/ou le(s) collier(s) (1).

A - Positionner les têtes (3) des colliers comme indique dans la section c-c.

B- Serrer les colliers a un couple compris entre 0,18 et 0,2 m.dan.

C- Refaire la vérification après le remplacement.

6- Au panneau 22vu:

A- Relacher le bouton poussoir (8) et vérifier que la légende " high " s'eteint.

B- Relacher les boutons poussoirs (12), (9), (11), (10) et vérifier que les légendes " off " s'allument.

7- Arrêter le moteur 1(2)

◆ pose carénage train principal.

CONCLUSION

CONCLUSION:

C'est avec une grande passion et un réel intérêt que j'avais entrepris la présente étude sur le système de conditionnement d'air de l'avion ART72-500, l'étude entreprise montre que l'air comprimée à partir du compresseur devient disponible grâce au système de prélèvement d'air ainsi qu'il le rend respirable, ou il le distribue dans les différents compartiments de l'avion à la bonne température, j'ai constaté qu'il va être principalement refroidi à l'aide d'un échangeur de chaleur d'où la vapeur d'eau contenue dans l'air prélevé, elle est ôtée.

Comme on conclue aussi la nécessité d'utilisation d'un turbo-refroidisseur pour subir des détente aux molécules d'air prélevé, afin de distribué pour le plus grande confort des passagers et le refroidissement des équipements électriques et électroniques.

Il faut noter que ce travail m'a permis de:

- Comprendre le fonctionnement du système.
- Savoir la philosophie de recherche de panne sur ce système avec des exemples de pannes.

BIBLIOGRAPHIE

LES MANUELS:

1-AMM: Aircraft Maintenance Manuel
Chapitre 21: air conditioning system

2-TSM: Touble Shooting Manuel
Chapitre 21: air conditioning system

LES REFERENCES:

1-Cellule et Circuits:
Auteur : J.C RIPOL
3^{eme} édition 1990.

2-Cellule et Systèmes:
Auteur :A.POUJAD
édition 1991.

3-Dictionnaire Aéro-Technique (Anglais-Français).
Auteur : LUIS HENRY
édition 1996.

4-Sites d'Internet:
www.atr.fr.
www.atr.aircraft.fr.

ORGANIGRAMME DE LA COMPAGNIE D'AIR ALGERIE

